

A Realidade Virtual como Factor de Atracção para a Engenharia

Mestrado em Sistemas Gráficos e Multimédia

2008 / 2009

1990301 – João Manuel Agudo Esteves



Novembro de 2009

Orientador: Prof. Doutor Carlos Vaz de Carvalho

*Dedicado aos meus familiares e amigos,
especialmente ao meu pai João, à minha mãe
Maria del Carmen, ao meu irmão Bruno e à
minha prima Alura.*

Agradecimentos

A realização deste projecto não foi resultado de um trabalho individual: sem o apoio e a participação de uma série de pessoas nunca teria sido possível concretiza-lo. A todas elas queria dar os meus mais sinceros agradecimentos, nomeadamente:

- Ao Prof. Doutor Carlos Vaz de Carvalho, na qualidade de orientador da minha tese de mestrado, pelo enorme apoio que me tem dado através dos seus conselhos, na resolução das minhas dúvidas e na organização dos processos de aquisição de *hardware* e das sessões de avaliação da aplicação;
- Ao Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), especialmente ao Departamento de Engenharia Informática (DEI), e a todos os meus professores e colegas de curso, pela inesquecível experiência que tem sido estudar com eles estes anos;
- Ao Professor Álvaro Teixeira e à Engenheira Bertil Marques pela sua disponibilidade nas sessões de avaliação da aplicação;
- Aos alunos que efectuaram a avaliação da aplicação, pelo tempo cedido e pelo interesse demonstrado neste projecto;
- À minha família, especialmente aos meus pais, João e Maria del Carmen, ao meu irmão Bruno e à minha prima Alura, pelo afecto e apoio que sempre me têm oferecido;
- A todos os meus amigos, especialmente aos meus companheiros de curso Hugo Perdigão, Marcelo Bateira e Hugo Barbosa, pelo seu enorme apoio e encorajamento, e pelos momentos inesquecíveis que temos partilhado na realização do mestrado.

A todos, muito obrigado.

Resumo

O objectivo da Realidade Virtual é simples de entender mas muito difícil de implementar: criar ambientes completamente indiferenciáveis do mundo real com os quais se possa interagir de um modo natural.

Desde a criação do *Sensorama* por Morton Heiling em 1962, passando pela difusão do conceito pelo público geral na década de 90 até os dias de hoje, a evolução da Realidade Virtual tem sido constante.

Este conjunto de tecnologias tem estado envolvido por uma certa descrença por parte da sociedade, motivada pelas grandes expectativas que lhe foram atribuídas e pelo estado de desenvolvimento do *hardware* aquando do seu auge. No entanto, actualmente assiste-se a um ressurgimento do seu interesse no público geral com a introdução de imagem estereoscópica no cinema ou o sucesso dos controladores da consola Nintendo Wii.

Hoje em dia as suas aplicações são muito variadas: desde o treino de pilotos de avião ao tratamento de fobias, passando pela indústria do entretenimento e a visita virtual de locais com interesse histórico ou turístico.

O objectivo desta tese de mestrado é explorar uma área que ainda não tem sido muito abrangida pela Realidade Virtual e que cobre também aspectos educacionais e lúdicos de modo a ser um factor de atracção para os estudantes do ensino secundário: a simulação de instrumentos musicais. Para tal foi implementado um sistema capaz de simular instrumentos musicais de percussão (uma bateria) utilizando imagem estereoscópica, som posicional e interfaces com o utilizador realistas.

Os resultados obtidos nas sessões de avaliação efectuadas por alunos recentemente ingressados no ensino superior demonstram que o sistema desenvolvido, bem como a inovação em interfaces do utilizador com os dispositivos electrónicos de uma forma geral, constituem um meio efectivo na sua motivação para a escolha de um curso na área da engenharia.

Abstract

The purpose of Virtual Reality is simple to understand but difficult to implement: to create environments completely indistinguishable from the real world with which we can interact in a natural way.

Since the creation of Sensorama by Morton Heilig in 1962, or the dissemination of the concept to the general public in the 90's until the present day, the evolution of virtual reality has been steady.

This group of technologies has been surrounded by certain distrust on the part of society, driven by high expectations that have been assigned to it and the state of *hardware* development at its peak. However nowadays we are witnessing a resurgence of interest in general public with the introduction of stereoscopic image in movie theaters or the success of the Nintendo Wii game controllers.

Today, its applications are very varied: from the training of pilots to the treatment of phobias, through the entertainment industry and virtual touring of sites with historical interest.

The purpose of this master's thesis is to explore an area that still has not been widely covered by the Virtual Reality and also includes entertainment and educational aspects in order to be an attraction for students of high school degree: the simulation of musical instruments. For that it has been implemented a system capable of simulating percussion musical instruments (a drum kit) using stereoscopic image, positional audio and realistic user interfaces.

The results obtained in evaluation sessions conducted by students recently admitted in the university shows that this system, and innovation in user interfaces with electronic devices in general, are an effective way of motivate them to choose a course in engineering areas.

Índice

<i>Índice de Figuras</i>	<i>xv</i>
<i>Índice de Tabelas</i>	<i>xix</i>
<i>Lista de Abreviaturas</i>	<i>xxi</i>
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento	2
1.2 Questões de Investigação	3
1.3 Objectivos	3
1.4 Motivação	4
1.4.1 Pessoal	4
1.4.2 Institucional	5
1.5 Organização da Dissertação	5
2 Conceitos e Fundamentos	7
2.1 Introdução à Realidade Virtual	7
2.1.1 Conceito.....	7
2.1.2 História	9
2.1.3 Estado Actual e Tendências de Futuro.....	13
2.2 Dispositivos	15
2.2.1 Head-Mounted Display.....	15
2.2.2 CAVE	19
2.2.3 Wired Glove	21
2.2.4 Sensores de Movimento.....	23
2.2.5 Periféricos da Nintendo Wii	27
2.2.6 Sony Playstation Motion Controller	31
2.2.7 Projecto Natal da Microsoft.....	33
2.3 Ferramentas	34
2.3.1 Interfaces de Desenvolvimento.....	34
2.3.1.1 OpenGL.....	34

2.3.1.2	Direct3D.....	36
2.3.2	Aplicações Específicas	37
2.3.2.1	Modelação e Animação	37
2.3.2.2	Motores de Física	39
2.3.2.3	Áudio.....	39
2.3.2.4	Motores de Jogo e outros IDE.....	40
2.4	Aplicações	42
2.4.1	Saúde	42
2.4.1.1	Cirurgia	42
2.4.1.2	Reabilitação Física	45
2.4.1.3	Psicologia	45
2.4.1.4	Anatomia.....	46
2.4.2	Património Cultural	49
2.4.2.1	Virtual Calakmul.....	50
2.4.2.2	Virtual Dunhuang.....	51
2.4.2.3	ERATO	52
2.4.3	Outras Aplicações.....	53
2.4.3.1	Simulação de Veículos	53
2.4.3.2	Jogos	56
2.4.3.3	Educação	59
3	Concepção do Projecto	61
3.1	Revisão Bibliográfica	61
3.2	Hipóteses de Desenvolvimento	61
3.3	Seleção da Aplicação a Desenvolver	64
3.3.1	Aplicação	64
3.3.2	Dispositivos	65
3.3.3	Ferramentas de Desenvolvimento.....	67
3.3.3.1	Ambiente de Desenvolvimento	67
3.3.3.2	Reprodução de Imagem e Áudio	67

3.3.3.3	Modelação de Objectos 3D	68
3.3.3.4	Gestão de Dispositivos Nintendo Wii	68
3.3.3.5	Reprodução de Imagem Estereoscópica.....	69
4	<i>Implementação do Projecto</i>	71
4.1	Estudo das Ferramentas a Utilizar	71
4.1.1	Microsoft XNA Game Studio 3.1	71
4.1.2	Softimage XSI Mod Tool 6.01	73
4.1.3	WiimoteLib 1.8 Beta	74
4.2	Estudo dos Dispositivos a Utilizar	76
4.2.1	Nintendo Wii Remote	76
4.2.2	Nintendo Wii Balance Board.....	79
4.2.3	eMagin Z800 3D Visor.....	80
4.3	Recursos a Utilizar	83
4.3.1	Modelos 3D	83
4.3.2	Texturas	84
4.3.3	Áudio	85
4.4	Desenvolvimento do Protótipo	86
4.5	Teste do Protótipo	92
4.6	Aplicação Final	93
5	<i>Avaliação do Projecto</i>	101
5.1	Primeiras Críticas	101
5.2	Avaliação dos Alunos	101
5.3	Resultados	103
6	<i>Conclusões</i>	109
	<i>Referências</i>	113
Anexo A	<i>Conexão de Wii Remotes e Wii Balance Board com PC</i>	123
Anexo B	<i>Air Drum: Configuração</i>	125
Anexo C	<i>Air Drum: Controlos e GUI</i>	129

Índice de Figuras

<i>Figura 1 – Sensorama Machine de Morton Heiling (1962) [7]</i>	9
<i>Figura 2 – HMD de Ivan Sutherland (1968) [9]</i>	10
<i>Figura 3 – Sketchpad de Ivan Sutherland (1963) [9]</i>	10
<i>Figura 4 – Videoplace de Myron Krueger (1970) [10]</i>	11
<i>Figura 5 – Aspen Movie Map de A. Lippman e Scott Fisher (1978) [11]</i>	11
<i>Figura 6 – Argonne Remote Manipulator [12]</i>	12
<i>Figura 7 – Cave Automatic Virtual Environment [13]</i>	13
<i>Figura 8 – Brain Gate da Cyberkinetics [14]</i>	14
<i>Figura 9 – NIA (Neural Impulse Actuator) da OCZ Technology [16]</i>	15
<i>Figura 10 – piSight da Sensics [17]</i>	16
<i>Figura 11 – Z800 3D Visor da eMagin</i>	16
<i>Figura 12 – Campo de visão Humano [18]</i>	17
<i>Figura 13 – Utilizador deslocando-se no VirtuSphere [20]</i>	19
<i>Figura 14 – Sistema CAVE com 4 telas de projecção [13]</i>	20
<i>Figura 15 – Simulação de condução de uma mota aquática em CAVE [13]</i>	20
<i>Figura 16 – Sistema I-Space da Barco [22]</i>	21
<i>Figura 17 – Sensory Homunculus do The Natural History Museum em Londres [23]</i>	22
<i>Figura 18 – DG5 VHand da DGTech e eixos de rotação da mão [24]</i>	22
<i>Figura 19 - CyberTouch™ e CyberGrasp™, da Immersion [25] [26]</i>	23
<i>Figura 20 – Nest Of Birds da Ascension e Liberty da Polhemus [28] [29]</i>	24
<i>Figura 21 – Sistema de detecção de movimento da VICON [30]</i>	25
<i>Figura 22 – ReActor 2 da Ascension [31]</i>	25
<i>Figura 23 – Logitech Head Tracker [32]</i>	26
<i>Figura 24 – BOOM® HF da Fakespace Inc. [33]</i>	26
<i>Figura 25 – Actor Tom Hanks no filme The Polar Express [34]</i>	27
<i>Figura 26 – Consola de jogos Nintendo Wii [35]</i>	27

<i>Figura 27 – Nunchuck e Wii Remote da Nintendo [36]</i>	28
<i>Figura 28 – Sensor Bar para a Nintendo Wii [37]</i>	28
<i>Figura 29 – Movimentos captados pelo Wii Remote [38]</i>	29
<i>Figura 30 – Wii MotionPlus conectado e desconectado no Wii Remote [40]</i>	30
<i>Figura 31 – Wii Zapper e Wii Wheel, da Nintendo [37]</i>	30
<i>Figura 32 – Wii Balance Board para a Nintendo Wii [42]</i>	31
<i>Figura 33 – Playstation Eye para a consola Playstation 3 [44]</i>	32
<i>Figura 34 – Playstation Motion Controller [36]</i>	32
<i>Figura 35 – Consola de jogos Xbox 360 e Projecto Natal [46]</i>	33
<i>Figura 36 – Imagem criada através do OpenGL no Mac OS X DP4 [48]</i>	35
<i>Figura 37 – Equalizer: escalabilidade na criação de uma imagem tridimensional [49]</i>	36
<i>Figura 38 – Jogo desenvolvido no XNA Game Studio 2.0 [53]</i>	37
<i>Figura 39 – 3ds Max 6 e Maya 8, da Autodesk [55] [56]</i>	38
<i>Figura 40 – AutoCAD 2009 da Autodesk [57]</i>	38
<i>Figura 41 – Blender 2.36 da Blender Foundation [58]</i>	39
<i>Figura 42 – Colisões no Open Dynamics Engine [60]</i>	39
<i>Figura 43 – Jogo “Yo Frankie” na versão que utiliza o Ketsji [68]</i>	41
<i>Figura 44 – Unigine da Unigine Corp. e Unreal Engine da Epic Games [71] [75]</i>	41
<i>Figura 45 – EYESi, AccuTouch® e LSW 3.0 [76] [77] [78]</i>	43
<i>Figura 46 – SurgicalSIM LTS e Pelvic ExamSIM, da METI [79]</i>	43
<i>Figura 47 – ZEUSTM Robotic Surgical System [82]</i>	44
<i>Figura 48 – Operação Lindberg, centro de controlo e robot [83]</i>	44
<i>Figura 49 – Rutgers Ankle da CAIP e KINARM da QPCC [84] [85]</i>	45
<i>Figura 50 – Tratamentos para o medo a voar e a falar em público da VRMC [86]</i>	46
<i>Figura 51 – Voxel-Man 3D-Navigator, da Universidade de Hamburgo [88]</i>	47
<i>Figura 52 – Muscle Builder de Aubel e Thalmann [89]</i>	48
<i>Figura 53 – Virtual Human Body do Rochester Institute of Technology [90]</i>	48
<i>Figura 54 – Visible Body da Argosy [92]</i>	49
<i>Figura 55 – Cidade de Calakmul em Campeche, México [93]</i>	50
<i>Figura 56 – Ambiente virtual da cidade de Calakmul e guia virtual [93]</i>	51

<i>Figura 57 – Mogao Grottos em Dunhuang [95]</i>	51
<i>Figura 58 – Mogao Grottos, ambiente virtual [94]</i>	52
<i>Figura 59 – Projecto ERATO da EU-INCO-MED [96]</i>	52
<i>Figura 60 – Simulador NASD da universidade de Iowa [98]</i>	54
<i>Figura 61 – Simulador Renault Eco² [99]</i>	54
<i>Figura 62 – Simulador de voo Link Trainer [100]</i>	55
<i>Figura 63 – Simulador de voo LAMARS [100]</i>	55
<i>Figura 64 – Cockpits de um Airbus A320 real e de um simulador de Airbus A340 [102]</i>	56
<i>Figura 65 – Power Glove e Virtual Boy, da Nintendo [103] [104]</i>	57
<i>Figura 66 – Farcry 2 e Crysis, da Crytek [105]</i>	57
<i>Figura 67 – Counter-Strike: Condition Zero e World of Warcraft [105]</i>	58
<i>Figura 68 – GeForce® 3D Vision™ da NVIDIA [106]</i>	58
<i>Figura 69 – Music AcademyInworld no Second Life [112]</i>	60
<i>Figura 70 – Rock Pedal [107]</i>	66
<i>Figura 71 – Interface do Microsoft Visual Studio 2008</i>	67
<i>Figura 72 – Autodesk Softimage XSI Mod Tool 6.01</i>	68
<i>Figura 73 – Ferramenta Lab Tool do Z800 3D Visor</i>	69
<i>Figura 74 – Multiple Wiimote Tester, versão correspondente a WiimoteLib 1.8 Beta</i>	75
<i>Figura 75 – Wii Remote e Wii Sensor Bar: cálculo da distância entre eles</i>	77
<i>Figura 76 – Wii Remote: ângulo de rotação em relação ao eixo do Y</i>	78
<i>Figura 77 – Wii Remote: deslocamento ou rotação?</i>	78
<i>Figura 78 – Sites “The 3D Studio, “ShareCG” e “3D Total” [143] [144] [145]</i>	84
<i>Figura 79 – Site “Humus”</i>	85
<i>Figura 80 – Sites “Soundsnap”, “Incompetch” e “FreeDrumLessons.com” [151] [152] [153]</i>	86
<i>Figura 81 – Variação de valores do Acelerómetro do Wii Remote</i>	87
<i>Figura 82 – Wave Studio 6.10.13 da Creative Technology Ltd.</i>	90
<i>Figura 83 - Protótipo da aplicação do projecto: Air Drum</i>	92
<i>Figura 84 – Versão final da aplicação do projecto: Air Drum</i>	99
<i>Figura 85 – Avaliação da aplicação Air Drum</i>	102
<i>Figura 86 – Resultados da pergunta 1 do Questionário de Avaliação</i>	103

<i>Figura 87 – Resultados da pergunta 2 do Questionário de Avaliação</i>	<i>104</i>
<i>Figura 88 – Resultados da pergunta 3 do Questionário de Avaliação</i>	<i>104</i>
<i>Figura 89 – Resultados da pergunta 4 do Questionário de Avaliação</i>	<i>105</i>
<i>Figura 90 – Resultados da pergunta 5 do Questionário de Avaliação</i>	<i>105</i>
<i>Figura 91 – Resultados da pergunta 6 do Questionário de Avaliação</i>	<i>106</i>
<i>Figura 92 – Resultados da pergunta 7 do Questionário de Avaliação</i>	<i>107</i>
<i>Figura 93 – Resultados da pergunta 8 do Questionário de Avaliação</i>	<i>107</i>
<i>Figura 94 – Resultados da pergunta 9 do Questionário de Avaliação</i>	<i>108</i>
<i>Figura 95 – Nintendo Wii Remote [161]</i>	<i>129</i>
<i>Figura 96 – GUI da aplicação Air Drum</i>	<i>131</i>

Índice de Tabelas

<i>Tabela 1 – Inscritos no ensino superior por área de educação e formação: 1995-96 a 2008-09 [3]</i>	2
<i>Tabela 2 – HMD: Modelos e características [19]</i>	18
<i>Tabela 3 – Aplicações sugeridas para o projecto</i>	63
<i>Tabela 4 – Formatos de recursos no XNA Game Studio 3.1</i>	73
<i>Tabela 5 – Especificações do eMagin Z800 3D Visor [137]</i>	81
<i>Tabela 6 – Controlos do Wii Remote direito no Air Drum</i>	130
<i>Tabela 7 – Controlos do Wii Remote esquerdo no Air Drum</i>	130

Lista de Abreviaturas

API	Application Programming Interface
ARM	Argonne Remote Manipulator
CAD	Computer Aided Design
CAPI	Computationally Advanced Infrastructure Partnerships
CAVE	Cave Automatic Virtual Environment
CAVE	Cave Automatic Virtual Environment
CMOS	Complementary Metal–Oxide–Semiconductor
CRT	Cathode Ray Tube
DEI	Departamento de Engenharia Informática
DOF	Degree Of Freedom
FLTK	Fast Light ToolKit
FOV	Field Of View
FPS	First Person Shooter
GLEE	OpenGL Easy Extension
GLEW	OpenGL Extension Wrangler
GLU	OpenGL Utility
GLUI	OpenGL User Interface
GLUT	OpenGL Utility Toolkit
GUI	Graphical User Interface
HMD	Head-Mounted Display
IDE	Integrated Development System
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
LCD	Liquid Crystal Display
LED	Light-Emmiting Diode
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NES	Nintendo Entertainment System
NIA	Neural Impulse Actuator
OLED	Organic Light Emitting Diode
OpenAL	Open Audio Library
OpenGL	Open Graphics Library
PDA	Personal Digital Assistant
QPCC	Queen’s and Providence Continuing Care
SDK	Software Development Kit
SDL	Simple DirectMedia Layer

TAP	Transportes Aéreos Portugueses
VIEW	Virtual Interface Environment Workstation
VPL	Visual Programming Languages
VR	Virtual Reality
VREL	Virtual Reality and Education Laboratory
VRMC	Virtual Reality Medical Center
WMA	Windows Media Audio
WMV	Windows Media Video

1 Introdução

O conceito de Realidade Virtual remonta aos inícios da computação gráfica nos anos 60. O seu objectivo era criar computacionalmente mundos ou ambientes completamente indiferenciáveis do mundo real. Para tal foram desenvolvidos dispositivos e aplicações de modo a tornar mais realista a percepção desses mundos. Alguns dos recursos utilizados incluíam imagem estereoscópica, som posicional, sensações hápticas ou mecanismos de interacção mais naturais com o sistema informático. Perante uns objectivos tão promissores a sua popularidade foi crescendo até o final dos anos 80, em que estas tecnologias ganharam mais relevância e se tornaram públicas. O seu auge durou até o início do novo milénio, altura em que este conceito caiu na descrença por motivos de limitações de *hardware*.

Actualmente o termo "Realidade Virtual" não é utilizado frequentemente, no entanto o seu conceito ganhou uma nova dimensão. A criação de ambientes com um nível de realismo muito alto é prática muito comum na indústria do entretenimento e da simulação de veículos, por exemplo. Nos últimos anos a utilização de ambientes virtuais em aplicações para a criação de redes sociais tem crescido bastante, resultando em casos de sucesso sem precedentes como o "Second Life" da Linden Research Inc. [1] A utilização de dispositivos de interface mais naturais e inovadores também tem adquirido um papel importante, com a aparição da consola Nintendo Wii ou a implementação de ecrãs tácteis nos telemóveis. Muitas destas tecnologias tiveram a sua origem e foram desenvolvidas em projectos de Realidade Virtual.

Assiste-se em consequência a um renascimento da popularidade da Realidade Virtual na nossa sociedade. Sem as expectativas que o conceito inicial prometia, e favorecida pelo estado de evolução do *hardware* existente, é uma área com óptimas perspectivas de desenvolvimento nos próximos anos.

1.1 Enquadramento

A influência da informática, e das tecnologias relacionadas com a Realidade Virtual em concreto, nos adolescentes e jovens adultos actuais é muito importante: são eles os principais utilizadores de redes sociais e jogos. Tendo isto em consideração surge a possibilidade de utilizar estas tecnologias de modo a incentivar os estudantes na escolha de um curso de ensino superior na área de engenharia.

Segundo um estudo de Isabel Ribeiro no Instituto Politécnico de Bragança “Os principais factores de escolha do binómio curso/instituição no ensino superior são: a informação que o inquirido possui sobre o curso e as instituições na altura da sua candidatura, a preparação generalista que o curso proporciona e o facto do inquirido ter como convicção que as instituições de ensino superior são locais de aprendizagem e saber” [2]. Nesta óptica a possibilidade de uma instituição disponibilizar aos alunos de ensino secundário experiências com tecnologias inovadoras e recentes, com ambientes que permitam um uso interactivo e que permitam associar à componente didáctica uma componente lúdica, pode constituir um factor de motivação para os alunos escolherem cursos relacionados com as engenharias.

Segundo as estatísticas recolhidas pelo GPEAR (Gabinete de Planeamento, Estratégia, Avaliação e Relações Internacionais), o número de inscrições no ensino superior na área das “Ciências e Engenharias” tem verificado um ligeiro aumento desde 1995 até 2008, situando-se actualmente em 29,5% das inscrições. Apesar disso, a área que verificou o maior número de inscrições no ano de 2008 – 2009 é a de “Ciências Sociais, Comércio e Direito”, com uma percentagem de 32,0% das inscrições. A área que apresenta um maior aumento de inscrições neste intervalo temporal é a de “Saúde e Protecção Social”, com um aumento de 9,9%. [3]

Áreas de educação e formação	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09
Educação	9,7%	9,8%	10,6%	11,1%	12,6%	13,2%	12,9%	11,8%	10,1%	8,6%	7,1%	5,8%	5,1%	5,0%
Artes e Humanidades	9,1%	9,3%	9,0%	9,0%	8,8%	9,0%	8,8%	8,5%	8,6%	8,6%	8,6%	8,5%	8,7%	8,6%
Ciências Sociais, Comércio e Direito	40,0%	39,3%	37,8%	36,2%	34,7%	32,8%	31,9%	31,6%	31,4%	31,3%	31,5%	32,0%	31,9%	32,0%
Ciências, Matemática e Informática	9,1%	9,1%	9,1%	9,1%	8,7%	8,4%	8,2%	8,0%	7,9%	7,6%	7,3%	7,3%	7,5%	7,3%
Engenharia, Indústrias Transformadoras e Construção	18,9%	19,2%	19,9%	20,4%	20,3%	20,4%	20,6%	21,1%	21,6%	21,8%	21,9%	22,3%	22,3%	22,2%
Agricultura	2,9%	3,0%	2,8%	3,0%	2,9%	2,7%	2,5%	2,3%	2,1%	2,0%	1,9%	1,9%	2,1%	1,9%
Saúde e Protecção Social	6,8%	6,7%	6,9%	7,0%	7,6%	8,8%	10,1%	11,4%	12,9%	14,5%	16,0%	16,5%	16,6%	16,7%
Serviços	3,5%	3,7%	3,9%	4,2%	4,4%	4,7%	5,0%	5,2%	5,4%	5,5%	5,6%	5,7%	5,8%	6,3%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Ciências e Engenharias	28,0%	28,2%	29,0%	29,5%	29,0%	28,8%	28,8%	29,1%	29,5%	29,4%	29,2%	29,6%	29,8%	29,5%

Tabela 1 – Inscritos no ensino superior por área de educação e formação: 1995-96 a 2008-09 [3]

Com a realização deste projecto será possível definir um indicador de se a promoção dos cursos de “Ciências e Engenharias” do ensino superior através de experiências interactivas, com recurso às tecnologias da Realidade Virtual, poderia aumentar o seu interesse por parte dos alunos do ensino secundário e, em consequência, o seu número de inscrições.

1.2 Questões de Investigação

A questão principal que este projecto pretende responder é:

Através da utilização de ambientes virtuais e dispositivos de interface naturais e inovadores, é possível criar aplicações que motivem os alunos do ensino secundário a candidatar-se a um curso superior na área da engenharia?

A partir dela surgem algumas questões mais específicas que visam o processo de planeamento, implementação e validação do projecto, nomeadamente:

- Já foi desenvolvido algum projecto com o mesmo objectivo ou similar?
- Que características tornam as aplicações mais atractivas para os alunos do ensino secundário?
- Que dispositivos de interface para ambientes virtuais se encontram actualmente no mercado?
- Qual é a aplicabilidade de tais dispositivos nos diferentes tipos de ambiente virtual?
- Que ferramentas (*software*) para a criação de ambientes virtuais existem na actualidade?

Após o processo de pesquisa bibliográfica foi possível identificar o tipo de aplicação que melhor se adaptava ao objectivo pretendido, bem como os dispositivos de interface que seriam utilizados e o processo de validação da aplicação.

1.3 Objectivos

Em função das questões de investigação levantadas foi definido o objectivo principal do projecto:

Criação de uma aplicação de tipo didáctico que envolva a utilização de um ambiente virtual e dispositivos específicos para a tornar mais imersiva, apresenta-la a uma amostra de estudantes do ensino secundário e verificar se este tipo de aplicação os motiva na escolha de um curso no ensino superior na área da engenharia.

Para a concretização do objectivo principal tornou-se necessário estabelecer os seguintes sub-objectivos:

- Recolha de informação bibliográfica sobre a evolução e o estado actual da Realidade Virtual;
- Identificar dispositivos e ferramentas para o desenvolvimento do projecto, tendo em conta o tipo de aplicação que será criado e utilizando sempre que possível ferramentas de uso livre ou código aberto;
- Aprendizagem do funcionamento das ferramentas e dispositivos seleccionados, com recurso a tutoriais e projectos já desenvolvidos;
- Implementação da aplicação e validação da mesma por parte de um grupo de estudantes do ensino secundário.

1.4 Motivação

Os factores que motivaram a realização deste projecto são tanto de ordem pessoal, pelo meu interesse em investigar o fenómeno que envolve a Realidade Virtual e em desenvolver uma aplicação que usufrui-se das suas tecnologias, como de ordem institucional, já que é do interesse do ISEP (Instituto Superior de Engenharia do Porto) o desenvolvimento de ferramentas que ajudem a atrair alunos do ensino secundário para os cursos de ensino superior nele leccionados.

1.4.1 Pessoal

A nível pessoal, como estudante de um mestrado de tecnologias multimédia, considero que a criação de uma aplicação destas características consegue reunir muitos dos recursos que aprendi a utilizar ao longo destes anos, nomeadamente computação gráfica, reprodução e edição de som, interfaces com o utilizador e programação avançada. Por outro lado, sempre me senti fascinado pela capacidade destas tecnologias para motivar e influenciar os jovens: considero que faço parte de uma geração fortemente marcada pela informática e que no caso das gerações mais recentes a sua influência é consideravelmente expandida através da

internet. Actualmente tanto adultos como jovens, mas especialmente estes últimos, sentem que a informática, a internet, as redes sociais e, em alguns casos, os ambientes virtuais fazem parte das suas vidas quotidianas. É frequente assistir-se a uma sobreposição da internet sobre outros meios de comunicação na capacidade de influenciar as várias culturas e sociedades.

1.4.2 Institucional

O projecto desenvolvido no âmbito desta tese de mestrado é de especial interesse para o ISEP por constituir um indicador para os factores que permitem a captação de alunos no ensino superior e por implementar uma ferramenta que pode ser utilizada para a motivação dos alunos a escolherem os cursos desta instituição.

A aplicação desenvolvida, por não usufruir de dispositivos de custo muito elevado, é viável de ser implementada em escolas secundárias para representar o ISEP. Outra opção é a disponibilização desta ferramenta na instituição para efeitos de demonstração quando são efectuadas visitas de turmas do ensino secundário. Com algum desenvolvimento futuro por parte de outros alunos/docentes poderia ser um projecto interessante para a representação do ISEP na Casa da Música no Porto, no seu espaço “Digitópia”: neste espaço são disponibilizadas ao público aplicações informáticas associadas à criação musical, de fácil utilização e que não requerem conhecimentos formais de música [4]. As características da aplicação desenvolvida permitem inclui-la nesta categoria.

1.5 Organização da Dissertação

A organização deste documento está dividida em seis capítulos, servindo este primeiro para contextualizar o projecto e indicar os factores que motivaram o seu desenvolvimento.

O segundo capítulo é dedicado à exposição das noções e fundamentos referentes à Realidade Virtual, bem como a um estudo aprofundado de todo o seu contexto. São apresentados os conceitos destas tecnologias, a sua história, o seu estado actual, as tendências que podem marcar o seu futuro, uma listagem e comparação dos vários dispositivos comercializados actualmente, algumas ferramentas que podem ser utilizadas para a criação de ambientes virtuais e vários casos de sucesso da sua aplicação em áreas como a saúde, o património cultural, a simulação, o entretenimento e a educação.

O terceiro capítulo tem como tema o processo de concepção do projecto: a revisão bibliográfica efectuada, a sugestão de várias alternativas para a construção da aplicação e a selecção dos dispositivos e ferramentas que seriam utilizados. São explicados ao pormenor quais os factores em análise e o porque das diferentes escolhas.

O quarto capítulo reflecte as diferentes etapas que resultaram na implementação da aplicação em que se baseia este projecto: o estudo das ferramentas utilizadas e as fontes que contribuíram à sua melhor compreensão, a aprendizagem do funcionamento dos dispositivos utilizados, a obtenção de recursos de *software* gratuitos para a criação do programa, a implementação do protótipo da aplicação e a sua validação e, finalmente, o desenvolvimento da aplicação final.

O quinto capítulo descreve a avaliação da aplicação desenvolvida: as primeiras impressões recebidas de companheiros de curso e do orientador, as sessões de teste efectuadas por alunos e os resultados obtidos das mesmas.

O sexto capítulo apresenta as conclusões inerentes ao trabalho desenvolvido e indica várias formas de dar continuidade ao projecto futuramente.

Os anexos abordam aspectos específicos da aplicação implementada: a conexão dos dispositivos de controlo a um computador pessoal, a configuração do programa e uma descrição do seu interface gráfico e do funcionamento dos seus controlos.

2 Conceitos e Fundamentos

Neste capítulo é apresentado um estudo aprofundado do estado da arte da Realidade Virtual: os seus conceitos principais, a sua história, o seu estado de desenvolvimento actual, as tendências que podem marcar o seu futuro, os dispositivos electrónicos (*hardware*) que lhe estão associados, as ferramentas (*software*) que são utilizadas para a implementação de ambientes virtuais e a sua aplicação em áreas como a saúde, o património cultural, a educação e outras.

2.1 Introdução à Realidade Virtual

Quase toda a gente já ouviu falar em Realidade Virtual. Frequentemente este termo está associado à imagem de um cientista num laboratório utilizando um capacete enorme e um par de luvas cheias de cabos. Quem teve a oportunidade de testar um sistema de VR (Virtual Reality) no fim dos anos 90 e inícios do novo milénio (altura da sua maior difusão entre o público geral) também poderá relacionar o termo com gráficos computacionais em três dimensões algo arcaicos, demasiado “cúbicos” para serem minimamente realistas, muito diferentes daqueles que eram apresentados nos filmes e muito aquém do que prometia este novo conceito de tecnologia.

Mas que é afinal a Realidade Virtual? Quais são os seus objectivos e a sua história? Como afectou a evolução das tecnologias e a nossa sociedade? Qual é a sua situação no presente? E que podemos esperar dela no futuro?

2.1.1 Conceito

Quando o conceito de Realidade Virtual surgiu provocou umas expectativas enormes: a ideia principal era que esta tecnologia seria capaz de criar mundos ou ambientes completamente indiferenciáveis do mundo real. Desde então muito desse entusiasmo foi desaparecendo progressivamente devido a que as tecnologias computacionais não evoluíram o suficiente para enfrentar um desafio tão grande. Actualmente o objectivo da Realidade Virtual é criar reproduções tão fiéis quanto possível de objectos ou ambientes, para serem utilizados em programas de treino, para fins lúdicos ou para design industrial ou doméstico. [5]

Para reproduzir fielmente um ambiente, a Realidade Virtual utiliza computadores e dispositivos que permitem ao utilizador explorar e interagir com os objectos: explorar no

sentido de o utilizador poder ver os objectos através de qualquer ângulo e mover-se entre eles, interagir no sentido de poder manipular ou mover estes objectos.

O sistema informático calcula gráficos em tempo real que são apresentados ao utilizador através de dispositivos com interfaces envolventes para o utilizador (como Head-Mounted Display ou CAVE, ver Capítulos 2.2.1 e 2.2.2), são utilizados sistemas de rastreamento de movimento (para determinar a posição e orientação da cabeça e das mãos, p. e.), sistemas de som posicional ou sistemas hápticos (que simulam o tacto e outras forças exercidas sobre o corpo pelos objectos). Apesar de estes dispositivos terem evoluído significativamente nos últimos anos, especialmente os que operam a nível visual, alguns ainda não são muito versáteis ou são muito caros (o preço da maioria dos HMDs, por exemplo, os torna inacessíveis para o consumidor doméstico). A simulação de outras sensações, como o olfacto ou o sabor, ainda se encontra em fase de investigação.

A missão principal dos sistemas de Realidade Virtual é tornar as experiências tão realistas quanto possível, criando a percepção de estar num ambiente verosímil onde é possível realizar uma série de tarefas facilmente. Neste campo existem dois factores que determinam o realismo com que o utilizador assimila estas experiências: a Imersão e a sensação de Presença. O conceito de Imersão está relacionado com o modo como o utilizador é consciente dos estímulos do mundo real (imagens, sons e outras sensações geradas pelo local onde se encontra fisicamente o sistema de VR) durante a experiência. Em função da sensação de Imersão os sistemas de VR podem ser classificados como [5]:

- Totalmente Imersivos – Tentam que o utilizador esteja completamente isolado do mundo real durante a experiência de modo a torna-la mais realista e eficiente (utilizando um HMD, p. e.);
- Semi-Imersivos – Como o sistema CAVE (ver Capítulo 2.2.2), geralmente permitem que vários utilizadores participem em simultâneo na simulação, sendo o grau de abstracção do mundo real inferior ao dos sistemas Totalmente Imersivos;
- Não Imersivos – Mais baratos e fáceis de utilizar são, por exemplo, os videojogos. Nestes sistemas a ausência de dispositivos que isolam o utilizador do mundo real é compensada com bons níveis de interacção, bons gráficos, boa qualidade de som e com o envolvimento emocional do utilizador.

A Presença é, segundo Slater e Wilbur, “Um estado de consciência, a sensação (psicológica) de fazer parte de um ambiente virtual” [6]. A sensação de Presença ocorre quando o cérebro interpreta a informação recebida pelos sentidos (imagens, sons, tacto...) como válida, coerente, de modo ao utilizador sentir que efectivamente faz parte do ambiente virtual. Este estado pode levar a que o utilizador se envolva com a simulação ou até a ter reacções

emocionais. De facto o conteúdo da aplicação, o seu contexto, o interesse que desperta no utilizador e o envolvimento emocional deste influem significativamente na sensação de Presença gerada pela experiência. Muitos dos jogos que correm em dispositivos Não Imersivos conseguem atingir graus de Presença muito superiores aos que produzem sistemas Totalmente Imersivos, o que permite concluir que esta sensação está relacionada igualmente por factores físicos e psicológicos. [5]

2.1.2 História

O primórdio da história da Realidade Virtual remonta a inícios dos anos 60, quando um cinematógrafo e inventor chamado Morton Heiling cria o “Sensorama Machine”, um simulador que permitia ao utilizador ver um filme enquanto estava sentado num veículo e que utilizava imagem estereoscópica, som estéreo, odores, vibração do veículo e projecção de vento no cabelo do utilizador de forma a tornar a experiência realista. O veículo podia ser utilizado por vários utilizadores em simultâneo (até quatro pessoas) e, conforme o filme que era reproduzido, simulava uma viagem de motociclo, bicicleta ou helicóptero. [7]



Figura 1 – Sensorama Machine de Morton Heiling (1962) [7]

Em 1965 Ivan Sutherland publica um artigo com o título “The Ultimate Display” em que descreve como no futuro os computadores serão capazes de reproduzir mundos virtuais. Três anos mais tarde, em 1968, com a ajuda de um dos seus estudantes, Bob Sproull, cria o primeiro HMD capaz de apresentar imagem estereoscópica gerada por computador. Este dispositivo possuía um sensor que permitia mapear os movimentos da cabeça do utilizador e

ajustar as imagens criadas pelo computador para cada olho. Alguns componentes eram muito pesados pelo que o dispositivo tinha que estar suspenso no tecto e os gráficos apresentados eram compostos por linhas (o que actualmente se conhece por modelos de *wireframe*), no entanto, o uso de imagem estereoscópica criava a ilusão de se estar a olhar para objectos sólidos. [1] [4]

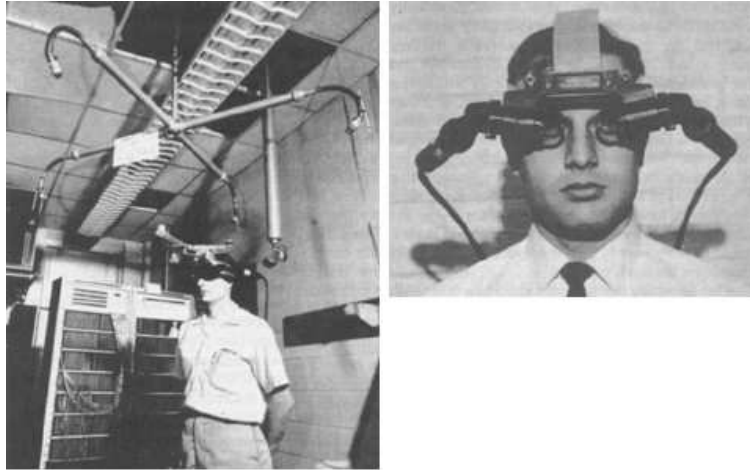


Figura 2 – HMD de Ivan Sutherland (1968) [9]

O “Sketchpad”, o precursor dos actuais sistemas de CAD (Computer Aided Design), também foi desenvolvido por Sutherland em 1963 [5].



Figura 3 – Sketchpad de Ivan Sutherland (1963) [9]

No início dos anos 70, Myron Krueger desenvolveu vários projectos artísticos tendo como base ambientes gerados por computador com os que os espectadores podiam interagir. Um exemplo é o projecto “Videoplace”, em que o espectador podia tocar a sua silhueta gerada por computador, mover objectos virtuais e obter *feedback* do sistema, que interpretava os seus gestos e antecipava algumas acções. [5] [10]

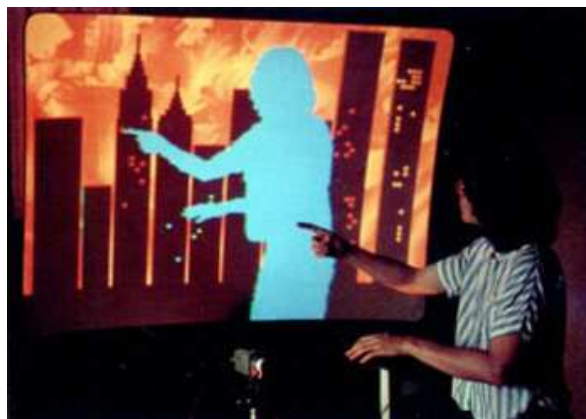


Figura 4 – Videoplace de Myron Krueger (1970) [10]

A. Lippman, Scott Fisher e outros investigadores do MIT (Massachusetts Institute of Technology) criam, em 1978, uma aplicação denominada “Aspen Movie Map” que simulava um passeio pela cidade de Aspen (Colorado) em três modos diferentes: Verão, Inverno e Polígonos. Os dois primeiros modos estavam baseados em fotografias da cidade que os investigadores tiraram a partir de um camião, com quatro câmaras orientadas em direcções diferentes, nas duas estações do ano. O terceiro modo era uma reprodução da cidade com modelos tridimensionais simples. A aplicação permitia ao utilizador movimentar-se livremente pela cidade nas quatro direcções correspondentes às fotografias efectuadas. [11]



Figura 5 – Aspen Movie Map de A. Lippman e Scott Fisher (1978) [11]

Uma das primeiras tentativas em criar um sistema de Realidade Virtual moderno ocorreu a meados dos anos 80, quando os investigadores da NASA do Ames Research Center começaram a trabalhar num projecto que seria utilizado para treinar astronautas através da simulação de missões espaciais. Era o projecto VIEW – Virtual Interface Environment Workstation. O sistema era o primeiro a possuir mecanismos parecidos a luvas para transmitir informação táctil, bem como um dispositivo para a reprodução de imagem estereoscópica,

tecnologias de reconhecimento de fala e gestos, som posicional, síntese de voz e imagem gerada por computador. O projecto não teve muito sucesso devido ao estado de desenvolvimento das tecnologias naquela época. [5]

Outro dos primeiros sistemas de Realidade Virtual foi o GROPE, iniciado em 1967 por Frederick Brooks na Universidade da Carolina do Norte em Chapel Hill, e cujo objectivo era auxiliar os *designers* de moléculas através de dispositivos hápticos: quando o *designer* criava novas combinações de moléculas era possível sentir as forças de atracção ou repulsão exercidas entre elas. O dispositivo utilizado para transmitir estas forças quando o utilizador arrastava as moléculas se denominava ARM - Argonne Remote Manipulator. Este projecto teve uma pausa de quase uma década (devido às limitações do *hardware* disponível) até 1986 e manteve-se no activo até o ano 1990. [12]



Figura 6 – Argonne Remote Manipulator [12]

No ano 1985 Jaron Lanier funda a VPL Research (Visual Programming Languages), uma das primeiras empresas a desenvolver *software* e *hardware* para sistemas de Realidade Virtual. Um dos seus produtos mais representativos é a “DataGlove” (ver Capítulo 2.2.3) mas do seu catálogo fazem parte vários HMDs e aplicações para a criação de gráficos e som. O portfolio desta empresa é adquirido pela Sun Microsystems em 1998. [5]

Outras das empresas de destaque na comercialização de produtos para Realidade Virtual são a Polhemus (pioneira no desenvolvimento de sensores de posição magnéticos), a Ascension Technology (criadora da gama de sensores magnéticos “Flock of Birds”) ou a Virtual

Technologies Inc. (criadora da CyberGlove™ e adquirida pela Immersion Corp. em 2000). [5]

Em 1992, no Electronic Visualization Laboratory da universidade de Illinois em Chicago, é desenvolvido um dispositivo com o nome CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) que irá mudar o paradigma dos interfaces para Realidade Virtual. O CAVE é um sistema do tamanho de uma sala que utiliza imagens projectadas em três, quatro, cinco ou seis paredes. Estas imagens são estereoscópicas e podem ser visualizadas através de uns óculos especiais, ao invés de um HMD, o que permite que vários utilizadores participem na mesma experiência, se movimentem livremente no espaço da CAVE e interajam entre eles (ver Capítulo 2.2.2). [13]



Figura 7 – Cave Automatic Virtual Environment [13]

2.1.3 Estado Actual e Tendências de Futuro

Nos últimos anos o aumento da velocidade de processamento e a miniaturização de dispositivos teve uma evolução significativa. Apesar de ter perdido muita credibilidade, a Realidade Virtual continua a desenvolver-se e está cada vez mais presente na nossa sociedade, se bem que este termo já não seja muito utilizado.

A nível de *software* temos os exemplos que são apresentados no Capítulo 2.4 ou o sucesso de alguns jogos que utilizam ambientes virtuais (como é o caso do “World of Warcraft” da Blizzard Entertainment). A popularidade de sistemas como o “Second Life” da Linden Research Inc. também reforça a ideia de como um ambiente virtual pode ser utilizado não só para entretenimento, mas também para fins educativos ou comerciais. Estes sistemas não

requerem *hardware* específico, mas a sensação de Presença que produzem nos seus utilizadores pode ser muito intensa.

Em relação ao *hardware* podemos observar como nos últimos anos tem surgido, por parte dos utilizadores, um interesse acrescido por dispositivos de interface mais naturais e imersivos. Um exemplo reside êxito de vendas que a Nintendo conseguiu com a sua consola Wii: apesar de ter umas capacidades gráficas e de processamento inferiores às das suas concorrentes directas, e um preço semelhante, um dos principais elementos de sucesso da consola reside nos dispositivos de controlo dos videojogos: inovadores, intuitivos e naturais (ver Capítulo 2.2.5). Outro exemplo é a introdução crescente do sistema RealD nos cinemas para a visualização de filmes com imagem estereoscópica.

O futuro da Realidade Virtual é prometedora: as tecnologias que servem de suporte à Realidade Virtual são cada vez mais baratas, eficientes e acessíveis ao utilizador doméstico.

As interfaces neuronais são alvo de estudo na actualidade. Um dos casos de sucesso relacionados com estas interfaces ocorreu em 2005 quando um homem tetraplégico conseguiu controlar um computador (mover o ponteiro de um rato, clicar em botões, desenhar alguns círculos e até jogar “Pong”) através do pensamento, utilizando um dispositivo da Cyberkinetics Neurotechnology Systems chamado “Brain Gate”. Este dispositivo utiliza 96 eléctrodos que foram implantados directamente no cérebro do utilizador, na região que controla os movimentos da mão dominante. [14]



Figura 8 – Brain Gate da Cyberkinetics [14]

Apesar de estarem numa fase inicial de desenvolvimento, já existem dispositivos disponíveis no mercado que utilizam interfaces neuronais. Um exemplo é o NIA (Neural Impulse Actuator) da OCZ Technology: este dispositivo, desenhado para a área do entretenimento,

permite introduzir comandos no computador através de sinais captados por três sensores colocados na frente do utilizador. [15] [16]



Figura 9 – NIA (Neural Impulse Actuator) da OCZ Technology [16]

2.2 Dispositivos

A evolução dos dispositivos utilizados em sistemas de Realidade Virtual sempre teve uma importância fulcral no desenvolvimento destas tecnologias, limitando frequentemente o sucesso dos projectos implementados.

Neste capítulo serão analisados alguns dos dispositivos mais comumente utilizados para a leitura de dados e apresentação de informação nos sistemas de VR. Em conjunto com a sua utilidade e o seu funcionamento, será também descrito o seu estado de desenvolvimento na actualidade.

2.2.1 Head-Mounted Display

Um HMD convencional é composto por dois pequenos ecrãs (CRT ou LCD) montados num capacete ou nuns óculos, por uns auscultadores para reproduzir informação em formato áudio e por um sensor de movimento utilizado para alterar as imagens apresentadas nos ecrãs quando o utilizador muda a orientação da cabeça.



Figura 10 – piSight da Sensics [17]

Uma das principais vantagens da utilização de HMDs reside na sua capacidade de reproduzir imagens estereoscópicas, apresentando imagens diferentes em cada olho. Isto sucede porque um objecto situado a uma distância inferior a 9 metros de um ser humano apresenta perspectivas diferentes em cada pupila (quanto menor for a distância em relação aos olhos, maiores são as desigualdades entre as imagens). O cérebro interpreta estas imagens e produz a sensação de profundidade. [5]



Figura 11 – Z800 3D Visor da eMagin

Um factor que é necessário ter em conta na concepção dos HMDs está relacionado com o campo de visão (FOV – Field Of View), que no caso do ser humano é de aproximadamente 180° na horizontal, como se pode observar na Figura 12. Nesta figura estão representadas quatro zonas distintas: a zona central em branco corresponde à área que é visível pelos dois olhos simultaneamente, as zonas cinzentas à esquerda e à direita correspondem às regiões que

só podem ser visualizadas por um olho (esquerdo e direito respectivamente) e que não possuem imagem estereoscópica, e a zona negra que é a região do campo de visão tapada pelo nariz, as sobrancelhas e as bochechas. [18]

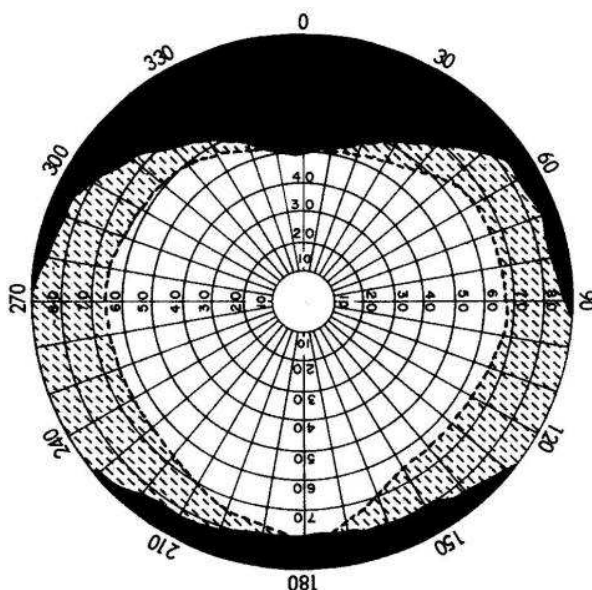


Figura 12 – Campo de visão Humano [18]

A maior parte dos HMDs existentes têm um FOV horizontal situado entre 25° e 50°, o que em muitos utilizadores causa algum desconforto. Outro aspecto que limita o realismo com que estes dispositivos apresentam os ambientes virtuais é constituído pela resolução das imagens que suportam: actualmente HMDs convencionais suportam resoluções que vão desde 800*600 até 1280*1024. Nos modelos com resoluções mais limitadas o “efeito escada” (a distinção de pixéis quadrados na constituição das imagens) pode ser considerável. [5]

A Tabela 1 apresenta alguns dos HMDs existentes no mercado, bem como as suas especificações, preço e data de actualização destas informações.

Fabricante	Modelo	Resolução Horizontal	Resolução Vertical	FOV Horizontal	FOV Vertical	Área Estéreo	Preço (\$)	Data
CyberMind	Visette45 SXGA	1280	1024	36,00	27,00	36,00	9649	07/06/05
eMagin	X800 3D Visor	800	600	32,00	24,00	32,00	799	16/01/06
eMagin	Z800 3D Visor	800	600	32,00	24,00	32,00	549	14/05/06
Fifth Dimension Technologies	5DT HMD 800-40 3D	800	600	32,00	24,00	32,00	9895	27/01/06
iO Display Systems	i-glasses PC/SVGA-3D Pro	800	600	21,00	16,00	21,00	949	27/01/06
Kaiser Electro-Optics Inc.	ProView SR80	1280	1024	63,00	53,00	63,00	31500	14/05/05
nVision	nVisor ST	1280	1024	40,00	30,00	40,00	34800	06/06/05
nVision	NVISOR SX	1280	1024	48,00	36,00	48,00	23900	10/06/04
Rockwell Collins	ProView VO35	800	600	28,00	21,00	28,00	5500	14/05/06
Rockwell Collins, Inc.	Proview XL50	1024	768	40,00	30,00	40,00	16995	14/05/06
Rockwell Collins, Inc.	ProView XL50 STm	1024	768	34,40	25,80	25,46	49000	27/01/06
Rockwell Collins, Inc.	Sim Eye SR100	1280	1024	100,00	50,00	30,00	ND	07/01/06
SaabTech	Saab AddVisor 150	1280	1024	36,80	27,60	36,80	95000	13/12/04
Sensics	piSight	2200	1200	145,00	60,00	75,00	ND	09/05/06
SEOS	SEOS HMD 120/40	1280	1024	120,00	67,00	40,00	62500	07/01/06
Virtual Research	VR1280	1280	1024	48,00	36,00	48,00	15500	27/01/06
Virtual Research Systems	V8	640	480	50,00	38,00	50,00	ND	10/06/04
Virtual Research Systems	VR4	480	240	48,00	36,00	48,00	ND	04/02/05

Tabela 2 – HMD: Modelos e características [19]

Alguns HMDs permitem que as imagens processadas pelo computador se sobreponham às imagens do mundo real através da utilização de espelhos semitransparentes. Estes dispositivos são utilizados em ambientes reais para, por exemplo, auxiliar a um técnico na reparação de um componente mecânico ou a um médico numa operação cirúrgica. São empregados na denominada Realidade Expandida. [5]

Os HMDs permitem recriar um ambiente virtual com um nível de imersão muito grande em relação a outros dispositivos (CAVE p. e.), no entanto impõem umas limitações importantes no que diz respeito à movimentação do utilizador, seja pela existência de cabos, pela distância máxima de recepção dos sinais dos sensores ou até porque o utilizador fica incapacitado de ver os objectos do mundo real. Tendo em conta que a maior parte dos ambientes virtuais são desenhados para serem explorados a pé, já foram implementados alguns dispositivos para

ultrapassar este problema. Um exemplo é o VirtuSphere: uma esfera de grandes dimensões assente numa plataforma especial que lhe permite rodar em qualquer direcção sem alterar a sua posição, o que possibilita que o utilizador posicionado no seu interior possa caminhar livremente.



Figura 13 – Utilizador deslocando-se no VirtuSphere [20]

2.2.2 CAVE

O sistema CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) foi desenhado por Cruz-Neira na Universidade de Illinois em Chicago no ano 1992 e tinha por objectivo ultrapassar algumas das limitações existentes nos dispositivos de visualização para sistemas de VR, como a baixa resolução de imagem, a impossibilidade de vários utilizadores participarem na experiência em simultâneo ou a inexistência de sensação de Imersão no ambiente virtual. O sistema utiliza de três a seis telas de projecção para criar um cubo do tamanho de uma sala onde o utilizador pode caminhar livremente. Estas telas de projecção apresentam alternadamente e a grande velocidade as imagens do olho esquerdo e direito e uns óculos especiais tapam a visão de cada olho de modo sincronizado, o que permite que o utilizador tenha a sensação de estar a ver imagens estereoscópicas. Nos casos em que o sistema é usado por uma pessoa unicamente é

possível adicionar um sensor de movimento na cabeça do utilizador e adaptar as imagens projectadas em conformidade com o seu ângulo de visão em cada momento. [5] [13]

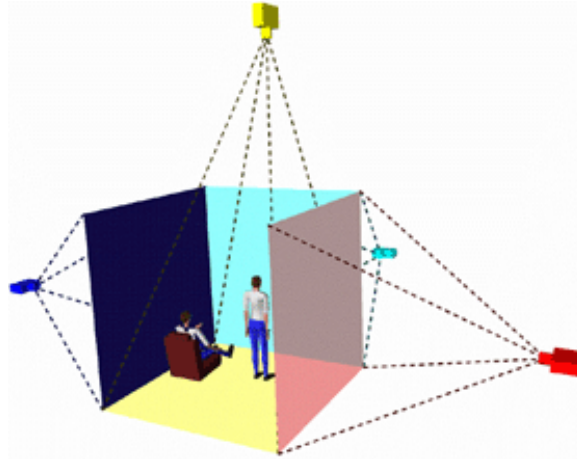


Figura 14 – Sistema CAVE com 4 telas de projecção [13]

Outra das vantagens oferecidas por este sistema é o facto de o utilizador poder ver o seu próprio corpo e interagir com objectos reais inseridos na CAVE, o que adiciona uma componente de realismo à simulação de ambientes virtuais.

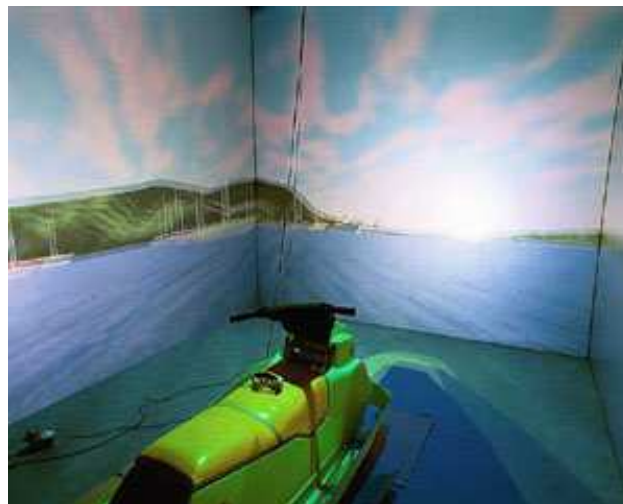


Figura 15 – Simulação de condução de uma mota aquática em CAVE [13]

Embora o sistema CAVE tenha evoluído bastante desde a sua criação e existam modelos implementados por vários laboratórios e universidades, o seu preço é ainda bastante elevado e requerem frequentemente cuidados especiais e manutenção regular. No entanto, já existem empresas (como a Barco e a Mechdyne) que comercializam os seus próprios sistemas de projecção. [21] [22]

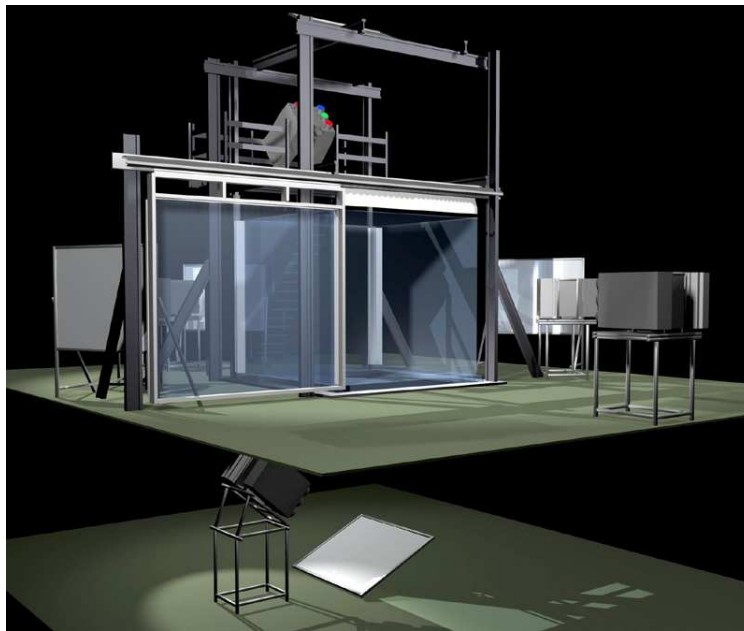


Figura 16 – Sistema I-Space da Barco [22]

2.2.3 Wired Glove

Uns dos órgãos principais do ser humano no que diz respeito à aquisição de informação táctil são as mãos. A nossa interacção com o ambiente exterior, o toque e manipulação dos objectos é feita através delas [5]. A sua sensibilidade está reflectida na Figura 17, que expõe como seria um ser humano se cada parte do seu corpo crescesse na mesma proporção que a área do córtex cerebral responsável pela aquisição da sua informação sensorial [23].



Figura 17 – Sensory Homunculus do The Natural History Museum em Londres [23]

Uma Wired Glove é um dispositivo composto por uma luva, sensores de torção nos dedos e um ou mais sensores de movimento para a aquisição de informação sobre a orientação e posição da mão: se o sensor tiver 3 DOF (Degree Of Freedom) só regista os movimentos da mão num ponto fixo no espaço (rotações), se tiver 6 DOF também é capaz de detectar o ponto do espaço em que se encontra a mão (rotações e translações). [5]



Figura 18 – DG5 VHand da DGTech e eixos de rotação da mão [24]

A informação recebida dos gestos do utilizador pode ser interpretada pelo computador para, por exemplo, reconhecer linguagem gestual.

Estes dispositivos podem utilizar cabos ou ondas de rádio para realizar a transmissão de dados, e alguns modelos possuem componentes que fazem vibrar a luva quando entra em contacto com objectos do ambiente virtual (como a CyberTouch™ da Immersion) ou até

exercer forças sobre os dedos para simular o tacto de objectos sólidos ou esponjosos (CyberGrasp™ da Immersion). [5]

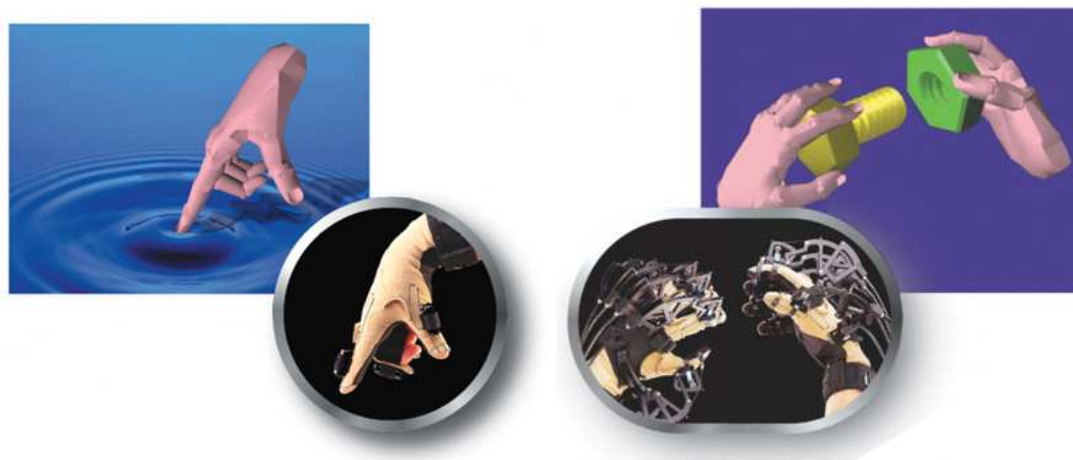


Figura 19 - CyberTouch™ e CyberGrasp™, da Immersion [25] [26]

Algumas das especificações que incidem directamente sobre a performance das Wired Gloves, em conjunto com as anteriormente mencionadas, são o número de sensores (um ou dois por dedo, sensores na palma da mão), a sua resolução (8 bits equivalem a 256 posições de um dedo, 10 bits a 1024, etc.) e o material de que são feitos (fibra óptica ou materiais condutores de electricidade).

2.2.4 Sensores de Movimento

Os sensores de movimento são utilizados para mapear a orientação e/ou posição de um objecto real num ambiente virtual.

Existem várias tecnologias para a implementação destes dispositivos, no entanto os componentes que os constituem são frequentemente os mesmos: um ou vários dispositivos responsáveis por emitir um sinal, um receptor que capta estes sinais e uma unidade de controlo que processa a informação recebida e a envia ao computador. Os emissores são colocados no objecto, pessoa ou animal de que se pretende mapear os movimentos, já o receptor e a unidade de controlo podem ser móveis ou podem estar fixos no local que rodeia os sensores. [27]

As tecnologias utilizadas na concepção de sensores de movimento variam em função da natureza do sinal que utilizam. Podem ser:

- **Sistemas Magnéticos:** estes sistemas medem campos magnéticos gerados a partir de uma corrente eléctrica que percorre três cabos perpendiculares entre si em cada receptor. A intensidade relativa em que cada cabo é utilizada para calcular a posição e orientação de cada emissor. Este tipo de sensores de movimento é bastante efectivo, com tempos de resposta muito curtos. Ainda que os emissores não são obstruídos por objectos não metálicos, estes sistemas são sensíveis a interferências causadas por outros dispositivos capazes de gerar campos magnéticos, como podem ser os cabos eléctricos, monitores, luzes ou computadores [27]. Dois exemplos deste tipo de sistemas são o Nest Of Birds da Ascension e o Liberty da Polhemus.



Figura 20 – Nest Of Birds da Ascension e Liberty da Polhemus [28] [29]

- **Sistemas Ópticos:** estes sistemas utilizam luz para determinar a orientação e posição dos emissores. Subdividem-se em dois tipos:
 - **Passivos** – utilizam marcadores revestidos de um material que reflecte a luz emitida por várias câmaras de vídeo especiais fixas. A sensibilidade destas câmaras à luz pode ser alterada de modo a evitar interferências causadas por reflexos de outros materiais que não os que constituem os reflectores. A posição de cada marcador é calculada a partir dos pontos registados nas sucessivas imagens em duas dimensões, gravadas em ângulos diferentes, por cada câmara. As principais vantagens deste método são o não serem necessários cabos para ligar os emissores (existe uma total liberdade de movimentos) e a velocidade de registo dos sinais (a latência é mínima). Uma desvantagem importante reside na perda de dados quando algum emissor é ocultado por um objecto. Também são frequentes situações em que não é possível diferenciar dois emissores por estarem muito próximos ou a ocorrência de interferências produzidas por fontes de luz estranhas ao

sistema. Estes problemas podem ser resolvidos acrescentando mais câmaras [27]. Um exemplo destes sistemas é o implementado pela empresa VICON.

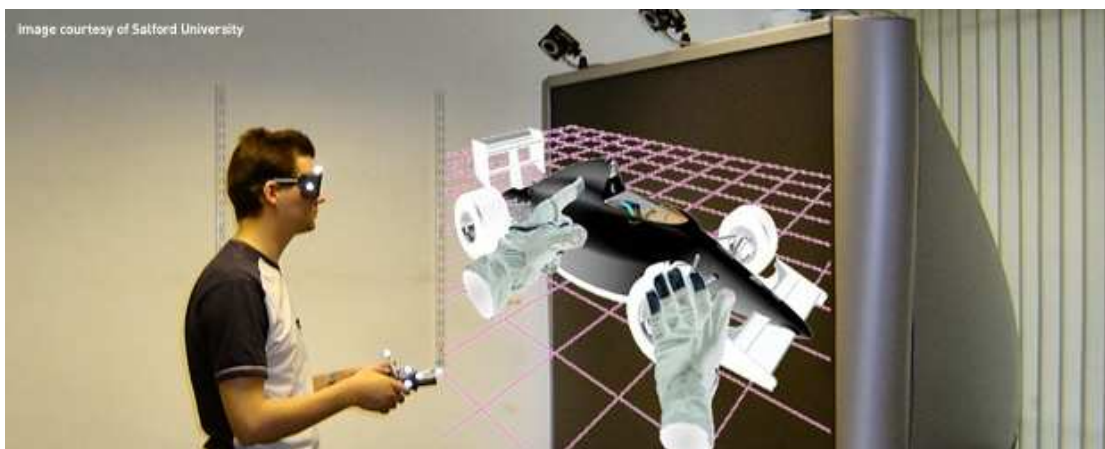


Figura 21 – Sistema de detecção de movimento da VICON [30]

- Activos – nestes sistemas os emissores são constituídos por conjuntos de LEDs alimentados pelo próprio emissor. Os receptores são câmaras de vídeo capazes de diferenciar a luz infravermelha. Os LEDs piscam a grande velocidade de modo sequencial (individualmente ou em grupos), a luz emitida é registada pelas câmaras e processada pela unidade de controlo, que extrapola a posição e orientação dos emissores. Como a recepção de informação é bastante rápida, a latência destes sistemas é muito baixa. As vantagens e desvantagens são comuns às que apresentam os sistemas passivos [27]. Um exemplo deste tipo de sistemas é o ReActor 2 da Ascension.



Figura 22 – ReActor 2 da Ascension [31]

- **Sistemas Acústicos:** estes sistemas emitem e recebem ultra-sons. Os receptores costumam estar fixos no local envolvente e os emissores de som colocados no utilizador. O cálculo da posição e orientação é realizado a partir do tempo que demora cada som em atingir cada receptor. Os sistemas acústicos têm várias desvantagens, como são a baixa velocidade de obtenção de dados (a velocidade do som no ar é relativamente lenta) e a sua variação em função da temperatura, da humidade ou da pressão do local [27]. Um exemplo destes sistemas é o Logitech Head Tracker.



Figura 23 – Logitech Head Tracker [32]

Outros sensores de movimento substituem o conjunto emissor/receptor por acelerómetros, que em vez de determinar um ponto no espaço medem a aceleração dos movimentos e a sua direcção. Ainda existem sistemas que utilizam dispositivos mecânicos fixos, como é o caso do BOOM® HF da Fakespace Inc., que embora bastante precisos limitam a liberdade de movimento do utilizador. [27]



Figura 24 – BOOM® HF da Fakespace Inc. [33]

Os sensores de movimento são um componente quase indispensável na maior parte dos sistemas de Realidade Virtual, e são frequentemente utilizados em aplicações que envolvem animação de modelos tridimensionais de humanos ou animais: colocando os emissores do sistema nas articulações do utilizador a criação de animações realistas é muito facilitada. [5]



Figura 25 – Actor Tom Hanks no filme The Polar Express [34]

2.2.5 Periféricos da Nintendo Wii

Em 2006 a empresa japonesa Nintendo Company Ltd. lança no mercado uma consola de jogos de sétima geração com o nome Wii. Com um sistema de interacção com o utilizador inovador, a empresa afirma que os clientes deste produto cobrem uma faixa etária maior que as das suas principais concorrentes (a Xbox 360 da Microsoft e a PlayStation 3 da Sony) o que confirma a sua liderança de vendas a finais do ano 2008. [35]



Figura 26 – Consola de jogos Nintendo Wii [35]

Com umas capacidades gráficas e de processamento de dados inferiores às das suas concorrentes, o seu preço é ligeiramente inferior, no entanto o factor principal do seu sucesso reside no seu sistema de interacção com o utilizador: o tradicional controlador baseado em botões (conhecido como *gamepad*) foi substituído por dispositivos que podem detectar movimento no espaço e apontar para o ecrã: deste modo o controlo do jogo é realizado através de gestos físicos. Os controladores padrão da consola são denominados Wii Remote e Nunchuck.



Figura 27 – Nunchuck e Wii Remote da Nintendo [36]

As tecnologias utilizadas no Wii Remote para a detecção de movimento são duas das utilizadas em Realidade Virtual há vários anos, mas a um preço bastante acessível. O Wii Remote possui um acelerómetro (o ADXL330 da iMEMS®) que permite detectar a direcção e intensidade de acelerações provocadas por movimentos no espaço. Para tornar a detecção de movimento mais precisa o Wii Remote também possui um sensor de luz infra-vermelha da PixArt que, em conjunto com o Sensor Bar (um dispositivo que possui cinco luzes infravermelhas em cada extremo), permite determinar a direcção onde o Wii Remote está a apontar. [37]



Figura 28 – Sensor Bar para a Nintendo Wii [37]

O Wii Remote também é constituído por uma série de botões (à imagem de um controlador de jogos habitual), um pequeno altifalante, um motor que permite fazer vibrar o dispositivo (dar uma resposta háptica ao utilizador) e uma porta para conectar periféricos. [37]

O seu funcionamento é o seguinte: o Sensor Bar é colocado na parte central superior ou inferior do monitor onde está ligada a consola de jogos, o sensor de luz infravermelha detecta os LEDs das extremidades do Sensor Bar e determina a distância entre estes na imagem captada. Como a distância real entre os dois grupos de LEDs é constante, através de triangulação, é possível determinar a distância entre o Wii Remote e o Sensor Bar. A localização das luzes captadas indica qual a direcção para a que o Wii Remote está a apontar (ou a sua posição no espaço, em função dos valores devolvidos pelo acelerómetro), e o ângulo descrito pela linha que as une permite determinar a sua rotação em relação ao chão (ver Capítulo 4.2.1). [37]

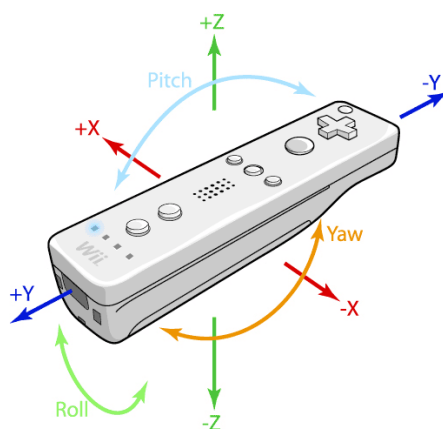


Figura 29 – Movimentos captados pelo Wii Remote [38]

Este sistema apresenta algumas limitações no que diz respeito à captura de movimento espacial, derivados da área coberta pelo sensor de luz infravermelha e pelo modelo do acelerómetro incorporados no Wii Remote. Para colmatar estas limitações a Nintendo anunciou em 14 de Julho de 2008 o lançamento de um periférico de expansão denominado Wii MotionPlus. Disponibilizado em Junho de 2009, este dispositivo é conectado na ficha de expansão do Wii Remote e está composto por um sensor de velocidade angular de dois eixos InvenSense IDG-600 e de uma outra ficha de extensões idêntica à do Wii Remote. Em conjunto com os restantes sensores torna o mapeamento de movimentos muito mais rápido e preciso. [39]



Figura 30 – Wii MotionPlus conectado e desconectado no Wii Remote [40]

Outros acessórios para o Wii Remote incluem o Wii Wheel e o Wii Zapper: dois adaptadores que permitem utilizar o Wii Remote como o volante de um veículo ou uma arma, respectivamente.



Figura 31 – Wii Zapper e Wii Wheel, da Nintendo [37]

O Nunchuck é um acessório que é conectado através de um cabo ao Wii Remote. Possui um acelerómetro (o LIS3L02AL da STMicroelectronics), um *joystick* analógico e dois botões. É utilizado em jogos nos que se torna necessário utilizar ambas as mãos. Este dispositivo não tem um sensor de luz infra-vermelha como o Wii Remote pelo que não pode ser utilizado para apontar. Pode, no entanto, ser utilizado para controlar o movimento da personagem, por exemplo. [37]

O Wii Balance Board é um periférico da consola Nintendo Wii muito semelhante a uma balança vulgar. A utilização de vários sensores e giroscópios torna-a muito precisa, permitindo detectar pequenas alterações de peso ao longo da superfície de apoio com base no princípio da conservação do momento angular. Estas características permitem que o utilizador

possa interagir com os jogos deslocando o peso do seu corpo na plataforma: efectuando agachamentos ou inclinando o seu corpo para os lados, por exemplo (ver Capítulo 4.2.2). [41]



Figura 32 – Wii Balance Board para a Nintendo Wii [42]

A conexão dos periféricos à consola de jogos é feita sem o recurso a cabos, através de *Bluetooth*, o que levou alguns programadores a criarem livrarias de distribuição livre para facilitar a sua utilização em computadores pessoais. Um exemplo dessas livrarias pode ser encontrado no site CodePlex [133].

2.2.6 Sony Playstation Motion Controller

Em 2 de Junho de 2009, na popular feira de entretenimento “E3”, a empresa Sony apresentou um novo periférico para a sua consola de jogos Playstation 3 cujo objectivo seria a captura de movimento. Sem um nome ainda definido, este dispositivo está composto por um controlador que se conecta à consola de jogos através de tecnologias sem cabo e está desenhado para funcionar em conjunto com um periférico já existente no mercado: o Playstation Eye. [36]

O Playstation Eye é uma *webcam* para a consola Playstation 3. Sucessora do EyeToy (desenhado para funcionar com a consola Playstation 2), esta possui uma maior resolução de vídeo (640 x 480 a 60 Hz ou 320 x 240 a 120 Hz), mais sensibilidade em condições de pouca luz e um conjunto de microfones que permitem a localização espacial de sons e a supressão de efeitos de eco e ruído de fundo. [43]



Figura 33 – Playstation Eye para a consola Playstation 3 [44]

O dispositivo de captura de movimento é composto por um controlador em formato cilíndrico com uma esfera de cor num extremo. Esta esfera utiliza vários LEDs para emitir luz de várias cores e é utilizada pelo Playstation Eye como um marcador de posição nas imagens captadas. O aspecto uniforme da esfera e o facto de as suas dimensões serem conhecidas permitem fazer o mapeamento espacial do dispositivo de um modo muito rápido. Para complementar este processo, o periférico possui também acelerómetros e sensores de velocidade angular, atingindo em conjunto uma precisão submilimétrica. O controlador disponibiliza igualmente vários botões e resposta háptica (vibração criada por um motor). As várias cores apresentadas pela esfera podem ser utilizadas para diferenciar vários utilizadores ou para simular efeitos visuais no contexto do jogo. [36]



Figura 34 – Playstation Motion Controller [36]

2.2.7 Projecto Natal da Microsoft

“Projecto Natal” é o nome de código de um novo sistema de captura de movimento desenvolvido pela Microsoft e apresentado ao público em geral no dia 1 de Junho de 2009 na feira de entretenimento “E3”. Desenvolvido para servir de base na interface com o utilizador da consola de jogos sucessora à Xbox 360, a sua característica principal é a de o utilizador não utilizar de dispositivos específicos para controlar as aplicações: o sistema reconhece os gestos corporais, a voz de cada utilizador e figuras (desenhadas numa folha de papel, p. e.). Para tal, o sistema é composto por um dispositivo em forma de barra que é colocado na região inferior ou superior do ecrã (a semelhança do Sensor Bar da Nintendo Wii – ver Capítulo 2.2.5) e que é constituído por uma câmara RGB, um sensor de profundidade, um conjunto de microfones direccionais e *hardware* proprietário. As suas funcionalidades incluem a captura de movimento na totalidade do corpo do utilizador, reconhecimento facial e reconhecimento de comandos de voz. [45]



Figura 35 – Consola de jogos Xbox 360 e Projecto Natal [46]

O sensor de profundidade é formado por um projector de infravermelhos e um sensor CMOS monocromático que permitem a detecção de objectos no espaço sob quaisquer condições de iluminação. O alcance da detecção de movimento é regulável, sendo que o *software* incorporado é capaz de se configurar automaticamente em função do modo de jogo e do ambiente circundante ao jogador. O sistema é capaz de detectar automaticamente até 48 pontos de interesse do corpo humano a uma velocidade de 30 Hz. [45]

Uma das principais questões que se levanta perante este sistema é se o interface com o utilizador será tão natural como o conceito sugere: na prática o utilizador está habituado a

manipular um instrumento quando interage com um ambiente virtual, será verdadeiramente intuitivo ou confortável participar, por exemplo, num simulador de automóveis quando não existe um volante ou um controlador nas mãos do utilizador? Em que medida a recepção de informação háptica é importante neste tipo de sistemas?

2.3 Ferramentas

A evolução dos dispositivos utilizados na criação de ambientes virtuais foi sempre acompanhada pela evolução das ferramentas para a criação destes ambientes, que tiveram que adaptar-se ao surgir de novas funcionalidades e novas capacidades de processamento.

Apesar de o termo Realidade Virtual não ser muito utilizado actualmente, a quantidade e variedade de ferramentas de síntese de ambientes virtuais tem crescido largamente nos últimos anos.

Neste capítulo serão expostas as principais interfaces de desenvolvimento de mundos virtuais, bem como algumas das ferramentas comerciais e de código aberto mais populares neste contexto.

2.3.1 Interfaces de Desenvolvimento

O objectivo de uma API (Interface de Programação de Aplicações) é disponibilizar uma série de rotinas, estruturas de dados, classes de objectos e/ou protocolos que permitem ao programador utilizar uma série de serviços sem ter um conhecimento aprofundado do seu funcionamento interno. Constituem uma ferramenta que facilita e acelera o processo de desenvolvimento de uma aplicação.

No caso das APIs gráficas, estas abstraem a camada de comunicação entre a aplicação e o *driver* da placa gráfica. Actualmente as mais utilizadas são o OpenGL e o Direct3D.

2.3.1.1 OpenGL

O OpenGL (Open Graphics Library) é uma API standard utilizada para a criação de gráficos em duas e três dimensões. É multi-plataforma e o seu código fonte é aberto. Possui um sistema de extensões que permite a empresas individuais acrescentar funcionalidades conforme as suas tecnologias vão evoluindo. A sua versão mais recente é a 3.0, lançada em 11 de Agosto de 2008, e é compatível com as versões anteriores.

Foi desenvolvida pela Silicon Graphics Inc. em 1992 e actualmente é gerida pelo consórcio de tecnologias sem fins lucrativos Khronos Group. Desde a sua criação tem sido muito utilizada em aplicações de realidade virtual, CAD, simulação, investigação e na indústria do entretenimento. [47]

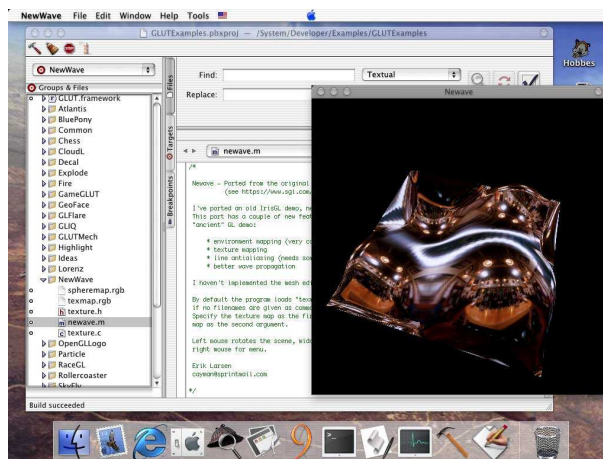


Figura 36 – Imagem criada através do OpenGL no Mac OS X DP4 [48]

Está disponível na forma de livrarias para várias linguagens de programação (sendo as mais comuns o C e o C++) em conjunto com algumas utilidades não são suportadas pelo OpenGL standard, como o suporte para a criação de janelas multi-plataforma ou o controlo do ponteiro do rato. Algumas destas livrarias são o GLU (OpenGL Utility), GLUT (OpenGL Utility Toolkit), SDL (Simple DirectMedia Layer), GLUI (OpenGL User Interface), FLTK (Fast Light ToolKit), GLEW (OpenGL Extension Wrangler) ou o GLEE (OpenGL Easy Extension). De notar que a maior parte destas livrarias só disponibilizam funcionalidades gráficas, pelo que se o ambiente virtual também possuir informação em formato áudio, por exemplo, será necessário utilizar uma API para funcionalidades sonoras como o OpenAL (Open Audio Library). [47]

Existem aplicações desenhadas especialmente para dar suporte a sistemas de Realidade Virtual que utilizam esta API. Um exemplo é o Equalizer, uma aplicação *open source* para a criação de aplicações OpenGL paralelas: permite que as aplicações tirem proveito da utilização de vários processadores e placas gráficas em simultâneo de modo a, por exemplo, melhorar o rendimento na criação de imagens estereoscópicas ou na transmissão de imagens para vários ecrãs em simultâneo (p. e. numa CAVE). [49]

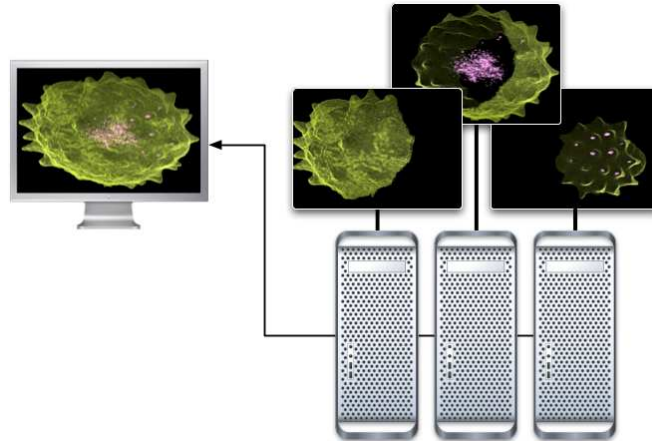


Figura 37 – Equalizer: escalabilidade na criação de uma imagem tridimensional [49]

2.3.1.2 Direct3D

O Direct3D é uma API proprietária da Microsoft Corporation, pelo que só é compatível com os sistemas operativos Windows (a partir da versão Windows 95) e com as consolas de jogos Xbox e Xbox 360. É utilizada para a síntese de gráficos tridimensionais (e bidimensionais a partir da versão 8) em que a performance é um factor importante.

Uma das limitações que oferece reside no facto de não possuir emulação por *software* a nível de pixéis, o que implica que se a placa gráfica não suportar uma funcionalidade, como a versão do *pixelshader*, a API será incapaz de a reproduzir.

A sua versão mais recente é a 10.1, disponível desde meados de Março de 2008 através do Windows Vista SP1. [50]

O Direct3D faz parte de uma colecção de APIs para desenvolvimento de aplicações multimédia denominada DirectX, da qual também fazem parte a DirectPlay (interface com dispositivos de rede), a DirectInput (interface com dispositivos de entrada como o teclado ou o rato) ou a DirectMusic e a DirectSound (interface com a placa de som).

Para efeitos de desenvolvimento, a Microsoft disponibiliza gratuitamente o DirectX SDK (Software Development Kit) que é composto por uma série de livrarias em formato binário que podem ser redistribuídas, por uma colecção de cabeçalhos para utilizar em linguagens de programação como o C++, e por documentação e tutoriais das várias APIs. [51]

Em Dezembro de 2007 a Microsoft lançou o XNA Game Studio 2.0, uma série de ferramentas que, utilizando a plataforma de desenvolvimento XNA, facilitam a criação e manutenção de jogos, reunindo num mesmo sistema vários aspectos relacionados com produção dos mesmos. A plataforma XNA é uma versão do DirectX especializada na concepção de jogos que maximiza a reutilização de código entre aplicações desenvolvidas para Windows e Xbox e

permite a utilização de linguagens de programação da plataforma .NET (como são o C# ou o Visual Basic .NET). A última versão do XNA Game Studio, a 3.0, foi lançada em 30 de Outubro de 2008. [52]



Figura 38 – Jogo desenvolvido no XNA Game Studio 2.0 [53]

Os jogos desenvolvidos para a Xbox nesta plataforma podem ser enviados à comunidade do XNA Creatros Club Online que, após efectuar a sua análise, podem distribuí-los no Xbox Live Marketplace. O programador, que deve pagar uma subscrição anual pelo serviço Premium da comunidade, recebe 70% do valor relativo à venda dos seus jogos. [52]

2.3.2 Aplicações Específicas

Actualmente existem várias aplicações e/ou conjuntos de bibliotecas que permitem abstrair o desenvolvimento de ambientes virtuais. Algumas delas constituem IDEs (Integrated Development System) que evitam a necessidade de o utilizador possuir conhecimentos de programação e/ou aceleram o processo de produção.

2.3.2.1 Modelação e Animação

O 3ds Max e o Maya, ambas desenvolvidas pela companhia Autodesk, são ferramentas muito difundidas na indústria dos jogos e das aplicações de síntese de gráficos em tempo real. As duas disponibilizam funcionalidades como modelação, animação, renderização de imagem e síntese de efeitos visuais. A sua principal diferença consiste em que o Maya está baseado numa arquitectura aberta, o que possibilita a programação de projectos através de uma API interna, da linguagem MEL (Maya Embedded Language) ou através da linguagem Python ®. [54]

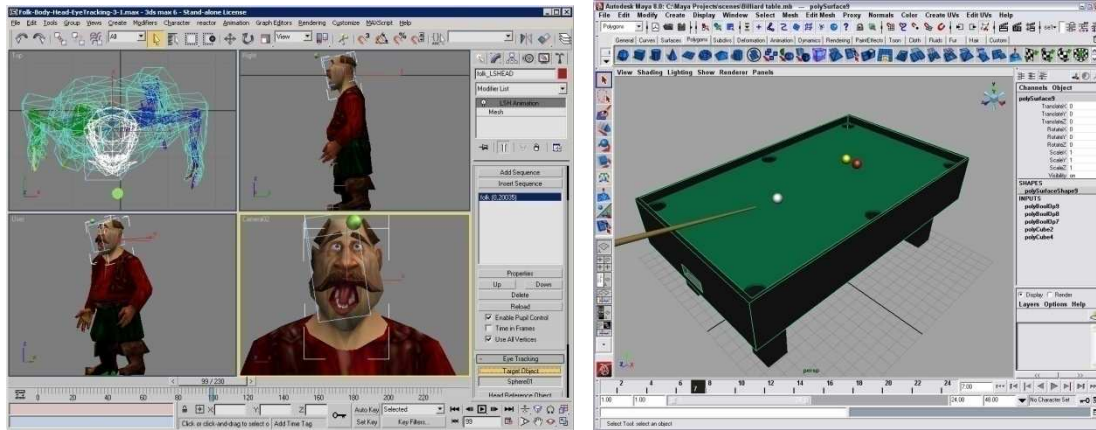


Figura 39 – 3ds Max 6 e Maya 8, da Autodesk [55] [56]

O AutoCAD da Autodesk é principalmente uma ferramenta CAD, no entanto possui uma componente de modelação 3D muito robusta, o que faz com que o formato dos seus modelos seja suportado por várias aplicações de criação de ambientes virtuais. [54]

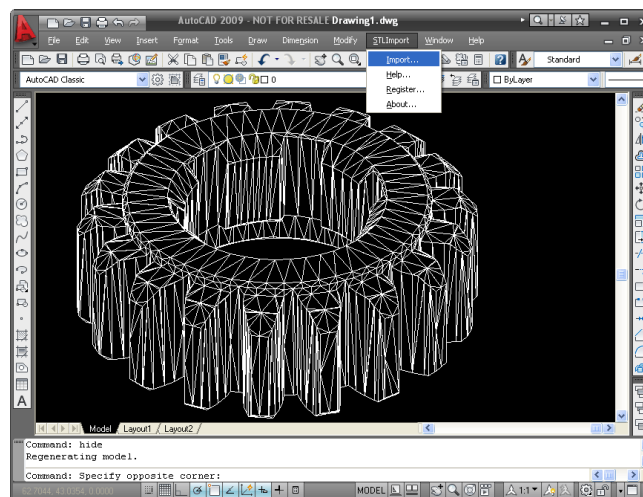


Figura 40 – AutoCAD 2009 da Autodesk [57]

O Blender é um programa de código aberto da Blender Foundation para modelação, animação, texturização, composição, renderização, edição de vídeo e criação de aplicações interactivas em 3D. É multi-plataforma e possui um motor de jogo integrado, o Ketsji. Disponibiliza ainda um motor de físicas e suporte para a linguagem de programação Python ®. [58]

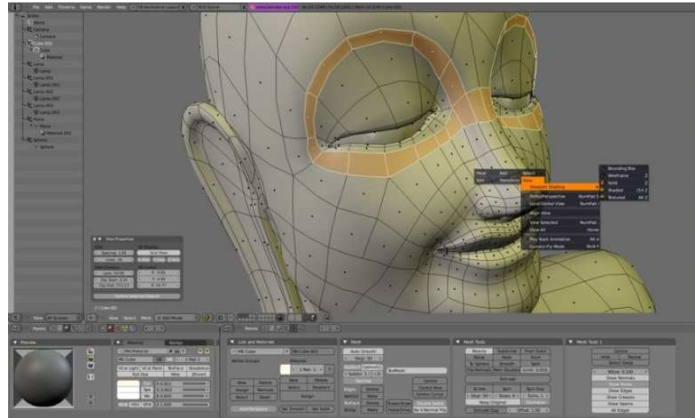


Figura 41 – Blender 2.36 da Blender Foundation [58]

2.3.2.2 Motores de Física

Um motor de física é uma aplicação que permite simular forças físicas de Newton como a massa, a velocidade, a fricção ou a resistência do vento. É portanto uma ferramenta muito útil para aumentar o realismo dos ambientes virtuais.

Actualmente existem vários motores de físicas disponíveis, alguns de código aberto (como o Open Dynamics Engine ou o Bullet), outros comerciais (como o Havok) e ainda outros de distribuição gratuita mas limitada (como o Newton ou o PhysX). [59]

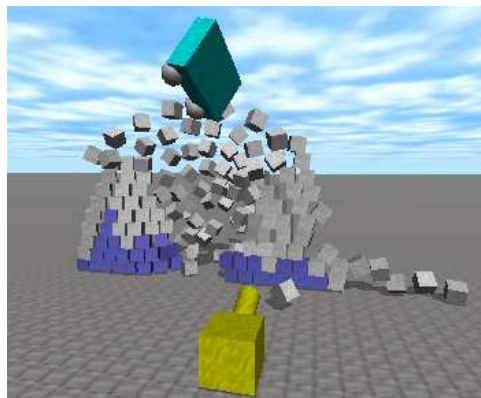


Figura 42 – Colisões no Open Dynamics Engine [60]

2.3.2.3 Áudio

Presentemente encontram-se disponíveis várias APIs para abstrair o utilizador das comunicações entre a aplicação e a placa de som do computador. Uma delas já foi referida no Capítulo 2.3.1.1, o OpenAL: é uma API de código aberto, multi-plataforma, desenhada de forma a reproduzir eficientemente som posicional multicanal. A sua estrutura e convenções são muito semelhantes às do OpenGL. [61]

Outra livraria para facilitar a reprodução de som é a FMOD. Desenvolvida pela Firelight Technologies permite a reprodução de vários formatos de áudio em várias plataformas diferentes (que incluem consolas de jogos). Possui também um sistema avançado de *plug-ins* que possibilita a extensão das suas funcionalidades, bem como o suporte a novos formatos de áudio. A sua distribuição é livre para uso não comercial. [62]

2.3.2.4 Motores de Jogo e outros IDE

Um motor de jogo é constituído por uma aplicação ou conjunto de livrarias (é um sistema de *software*) que agiliza e abstrai o desenvolvimento de jogos ou aplicações com gráficos e som em tempo real (como é o caso dos ambientes virtuais). [63]

Existem vários tipos de motores de jogo: uns são compostos por livrarias que podem ser utilizadas em programação através de um ambiente de desenvolvimento externo, outros constituem eles mesmos IDEs que evitam a utilização de programação.

Alguns dos motores de jogo de código aberto ou distribuição livre são:

- Blender (da Blender Foundation): referido anteriormente no Capítulo 2.3.2.1 possui um motor de jogo integrado, o Ketsji, que permite reunir várias das suas funcionalidades na criação de ambientes virtuais: modelação, renderização, animação, *shading*, físicas, detecção de colisões (utiliza o motor de físicas Bullet), texturização, composição e reprodução de áudio (através do SDL Toolkit). É um dos motores de jogo *open source* mais completos e é multi-plataforma. [64]
- Crystal Space: é um motor de jogo 2D e 3D multi-plataforma. Possui um motor de físicas e um detector de colisões (através do ODE e do Bullet), bem como suporte de áudio estéreo ou posicional (via DirectSound, Alsa, OSS ou CoreAudio). Não disponibiliza um IDE específico, sendo distribuído na forma de livrarias que podem ser utilizadas através de programação (com recurso à linguagem C++, p. e.). [65]
- Irrlicht: é um motor gráfico multi-plataforma para aplicações 3D. Disponibiliza funcionalidades para a criação de sombras dinâmicas, sistemas de partículas ou animação de personagens. Ainda que possua um sistema de detecção de colisões, não tem um motor de físicas incorporado. Não oferece livrarias de áudio embutidas, ainda que existam extensões do motor para o efeito (como o irrKlang da Ambiera). Devido à sua natureza *open source* e à acessibilidade da sua curva de aprendizagem, algumas empresas criaram IDEs para facilitar a criação de ambientes virtuais com este motor de jogo, como é o caso do irrEdit World Editor da Ambiera ou do Sourena 3D World Editor. [66] [67]

Existem projectos que utilizam simultaneamente as funcionalidades de vários motores de jogo. Um exemplo é o jogo “Yo Frankie!”. Desenvolvido pela Blender Foundation está disponível em duas versões: ambas utilizam o Blender para a modelação e a animação, mas o motor de jogo é o Ketsji num caso e o Crystal Space no outro. [68]



Figura 43 – Jogo “Yo Frankie” na versão que utiliza o Ketsji [68]

Actualmente são muito numerosos os motores de jogo, ou as aplicações para a criação de ambientes virtuais, de distribuição comercial. Para facilitar a sua utilização a maior parte dos mesmos possuem um IDE integrado. Alguns exemplos são o “Unreal Engine” da Epic Games, o “Renderware” da Criterion Games, o “Granny 3D” da RAD Game Tools, o “Quest3D” da Act-3D B.V., o “Unigine” da Unigine Corp., o “Blink3D” da Pelican Crossing, o “EON Studio” da EON Reality Inc., e o “DX Studio” da Worldweaver Ltd. [63] [69] [70] [71] [72] [73] [74]

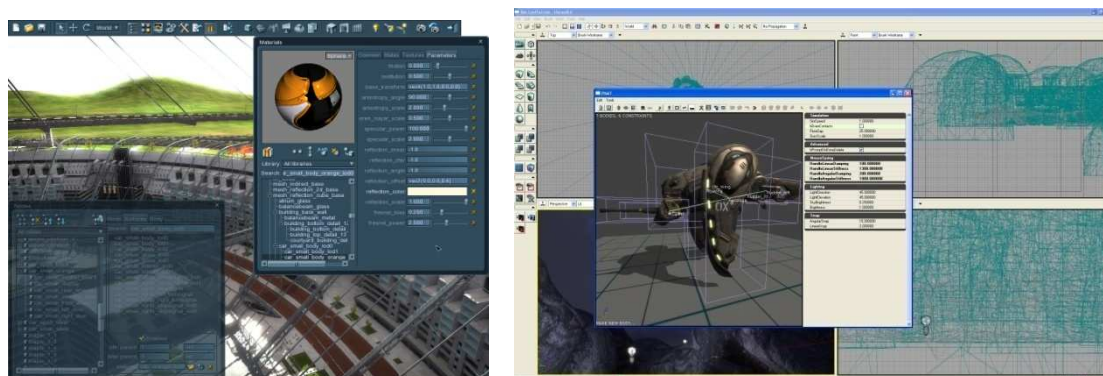


Figura 44 – Unigine da Unigine Corp. e Unreal Engine da Epic Games [71] [75]

2.4 Aplicações

São muitas as aplicações da Realidade Virtual na actualidade: desde a investigação aos contextos comerciais, passando pelo entretenimento doméstico, estas tecnologias têm um papel cada vez mais importante na nossa sociedade.

Ao longo deste capítulo são apresentados alguns exemplos do uso de ambientes virtuais em áreas muito diversificadas, bem como alguns casos de sucesso que se encontram em funcionamento presentemente.

2.4.1 Saúde

Uma das áreas científicas que mais tem aderido às tecnologias relacionadas com a Realidade Virtual tem sido a área da Saúde. Vários projectos e aplicações estão a desenvolver-se e a serem utilizadas actualmente em áreas como a cirurgia, a reabilitação física, a psicologia ou a anatomia.

2.4.1.1 Cirurgia

Projectos nesta área da medicina são utilizados para aprendizagem e treino dos especialistas antes de efectuar as cirurgias nos pacientes, aumentando o seu desempenho e diminuindo a probabilidade de erro. É habitual neste tipo de sistemas a utilização de gráficos gerados por computador em tempo real e dispositivos hápticos avançados, capazes de reproduzir fielmente o comportamento dos vários tecidos (pele, músculos, órgãos internos, ossos) sob o efeito de cortes e suturas. Para tal é necessário que a aplicação possua uma detecção de colisões muito precisa, de modo a simular a interacção de instrumentos cirúrgicos com os tecidos, e a capacidade de alterar a geométrica dos objectos em tempos real (para reproduzir cortes, p. e.). [5]

Alguns dos sistemas que são utilizados incluem o EYESi da VRmagic, um simulador usado para o treino e planeamento de cirurgias oftalmológicas intra-oculares, o AccuTouch® da Immersion, que simula três tipos de endoscopias (broncoscopia e endoscopias gastrointestinais inferiores e superiores), e o LSW 3.0 desenvolvido pela Surgical Science of Stockholm na Suécia, que permite simular cirurgias laparoscópicas. [76] [77] [78]



Figura 45 – EYESi, AccuTouch® e LSW 3.0 [76] [77] [78]

A empresa METI comercializa várias soluções para a simulação e treino de intervenções cirúrgicas e exames médicos. Dois exemplos são o SurgicalSIM LTS, um simulador de intervenções cirúrgicas laparoscópicas, e o Pelvic ExamSIM, que permite simular exames pélvicos femininos. [79]



Figura 46 – SurgicalSIM LTS e Pelvic ExamSIM, da METI [79]

Uma área resultante do sucesso deste tipo de dispositivos é a cirurgia à distância, em que as tarefas cirúrgicas são efectuadas por um robot controlado por um cirurgião num local remoto. Um exemplo destes robots é o ZEUS™ Robotic Surgical System, desenvolvido em 1995 pela empresa Computer Motion Inc. e aprovado pela Federal Drug Administration (FDA) em 2002 para efectuar operações laparoscópicas em que o paciente e o cirurgião partilham o mesmo habitáculo. [80] [81]

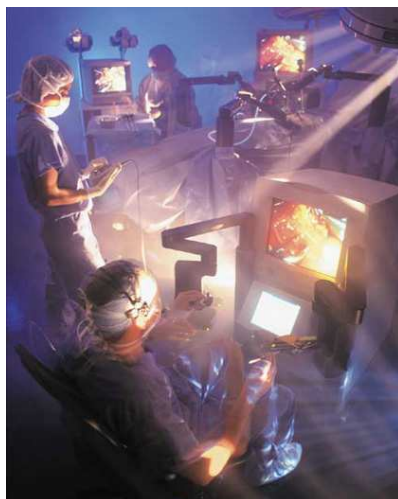


Figura 47 – ZEUS™ Robotic Surgical System [82]

Estes sistemas apresentam várias vantagens, entre as quais se encontra a eliminação da ocorrência de tremores nas mãos do cirurgião, a visualização do campo de operação em duas ou três dimensões, a possibilidade de testar tarefas na consola antes que estas sejam realizadas no paciente ou a diminuição do cansaço do cirurgião através da ergonomia do dispositivo onde este dirige a operação. [80]

Um dos principais obstáculos que impedem que a cirurgia remota se torne uma prática habitual é a existência de um atraso entre as acções do cirurgião e do robot quando estes se encontram a distâncias consideráveis (estudos demonstram que atrasos superiores a 200 milissegundos podem ser perigosos). No entanto já se têm realizado várias operações com estas tecnologias, apresentando uma percentagem de sucesso muito elevada. Uma das mais famosas foi a denominada “Operação Lindberg”, efectuada em 7 de Setembro de 2001, em que o paciente se encontrava em Strasbourg, França, e o cirurgião em New York, USA, a 6230 km de distância. Foi utilizada uma rede de fibra óptica dedicada que garantiu um atraso mínimo nas comunicações. [81] [83]



Figura 48 – Operação Lindberg, centro de controlo e robot [83]

2.4.1.2 Reabilitação Física

Os sistemas de Realidade Virtual para reabilitação física (ou fisioterapia) normalmente integram dispositivos hápticos e uma série de sensores avançados. A informação recebida, após ser processada, irá servir para identificar padrões de movimento, bem como para desenvolver exercícios terapêuticos e diagnósticos. [5]

Alguns destes sistemas estão desenhados para que o paciente possa executar os exercícios de reabilitação física numa localização distante do terapeuta.

Exemplos destes sistemas são o “Rutgers Ankle”, desenvolvido pelo centro Computationally Advanced Infrastructure Partnerships em New Jersey e que é utilizado para a reabilitação do tornozelo, e o KINARM (Kinseological Instrument for Normal and Altered Reaching Movement) desenvolvido pelo Queen’s and Providence Continuing Care Centre e que está destinado à reabilitação de pacientes que tenham sofrido um enfarte cardíaco. [84] [85]



Figura 49 – Rutgers Ankle da CAIP e KINARM da QPCC [84] [85]

2.4.1.3 Psicologia

Na área da psicologia a Realidade Virtual tem sido utilizada em várias ocasiões no âmbito do tratamento de fobias. A metodologia utilizada consiste numa exposição gradual ao estímulo que produz ansiedade: o paciente é exposto a situações que lhe provocam medo ou desconforto de um modo progressivo, de menor a maior intensidade, de modo a que a inquietação vá diminuindo em cada fase. Ainda que esta metodologia possa ser empregue através de situações reais, o uso da Realidade Virtual revela-se um meio mais seguro, menos embaraçoso e mais barato. [5]

Alguns dos projectos para tratamento de fobias através de Realidade Virtual cobrem o medo de alturas, de aranhas, de voar, de locais fechados ou de falar em público. Existem também

projectos para superar efeitos pós-traumáticos (como os que sofrem alguns soldados envolvidos em conflitos armados).

Uma empresa que trabalha especificamente nesta área chama-se The Virtual Reality Medical Center e as suas instalações encontram-se em San Diego, Los Angeles, Palo Alto e Orlando. [86]



Figura 50 – Tratamentos para o medo a voar e a falar em público da VRMC [86]

2.4.1.4 Anatomia

A Realidade Virtual tem sido utilizada em vários projectos para criar modelos do corpo humano muito pormenorizados. Os fins destes modelos cobrem normalmente as áreas da investigação e da educação.

Um dos projectos mais importantes neste âmbito tem o nome “Visible Human Project”. Foi desenvolvido pela U. S. National Library of Medicine com a direcção de Mickael J. Ackerman. O seu objectivo era fotografar e digitalizar dois cadáveres, um masculino e outro feminino, cortados em fatias com uma largura de 1 mm e 0,33 mm respectivamente, de modo a poder ser criado um banco de dados para facilitar a criação de aplicações de visualização anatómica. O projecto começou em 1989 e finalizou em 1994 para o corpo masculino e em 1995 para o corpo feminino. [5] [87]



Figura 52 – Muscle Builder de Aubel e Thalmann [89]

Na área da educação existem muitas aplicações que permitem explorar a anatomia humana através de modelos tridimensionais. Um exemplo é a aplicação que está a ser desenvolvida por uma equipa de estudantes e dois cientistas do Rochester Institute of Technology em New York e que utiliza a Realidade Virtual para explorar alguns órgãos do ser humano até o nível das células e tecidos. Actualmente é possível visualizar o pâncreas, o fígado, os rins e o coração, mas está planeado o desenvolvimento do corpo humano na sua totalidade e a simulação do efeito de doenças no organismo. [90] [91]



Figura 53 – Virtual Human Body do Rochester Institute of Technology [90]

A empresa Argosy disponibiliza gratuitamente uma aplicação *online* denominada Visible Body. Esta permite a visualização dos sistemas circulatório, digestivo, endócrino, integumentário, linfático, muscular, nervoso, reprodutivo, respiratório, urinário e esquelético de um modelo humano feminino tridimensional (está a ser desenvolvido um modelo

masculino). A aplicação é compatível com os *browsers* de internet mais populares, e permite apresentar, esconder ou tornar transparentes os vários órgãos que compõem cada sistema, bem como pesquisar um determinado órgão pelo seu nome. Para o acesso à aplicação o utilizador deve registar-se no site. Um indicador do sucesso deste projecto é o facto de possuir aproximadamente 400.000 utilizadores registados. [92]

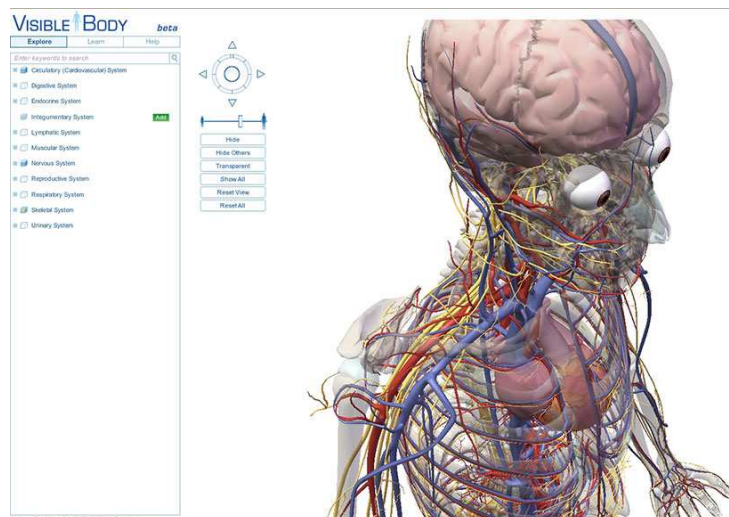


Figura 54 – Visible Body da Argosy [92]

2.4.2 Património Cultural

A utilização da Realidade Virtual em aplicações que simulam locais com importância histórica ou cultural supõe múltiplas vantagens para o utilizador, como a possibilidade de explorar locais remotos sem custos associados a deslocações, de visualizar infra-estruturas que foram destruídas ou que actualmente se encontram muito degradadas, ou até de interagir com personagens representativas daquele local na época do seu maior esplendor. São um instrumento educativo muito poderoso uma vez que, em múltiplas ocasiões, evitam a necessidade de consultar literatura específica ou profissionais da área. [5]

Uma das inovações que tem surgido ultimamente neste contexto é a utilização de Realidade Aumentada para, por exemplo, apresentar um guia virtual ou detalhes de um quadro ao fazer uma visita a um museu real.

Neste capítulo serão apresentados alguns exemplos de aplicações que utilizam a Realidade Virtual para efectuar visitas a locais virtuais.

2.4.2.1 Virtual Calakmul

Calakmul é uma antiga cidade Maya situada no estado de Campeche, no México. Descoberta na década dos 80, foi declarada Património da Humanidade pela UNESCO em 27 de Junho de 2002. A sua localização se encontra no interior de uma reserva nacional que impede o corte de árvores e a instalação de populações, pelo que a cidade está completamente rodeada pela selva (para a atravessar é necessária uma viagem de cinco horas) e parcialmente coberta por vegetação (que impede a visualização de algumas estruturas arquitectónicas). [5] [93]



Figura 55 – Cidade de Calakmul em Campeche, México [93]

Foram estas condições as que motivaram a criação do projecto Virtual Calakmul, desenvolvido na Universidade Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, com a coordenação da Dr.^a Rocio Ruiz Rodarte, e no Laboratório de Biorrobótica da Universidade Nacional Autónoma de México, com a coordenação do Dr. Jesús Savage Carmona. Este projecto também teve a colaboração do Director do Projecto Arqueológico de Calakmul, Ramón Carrasco, e de vários estudantes. É composto por dois ambientes de Realidade Virtual (um deles apresenta um guia virtual), uma aplicação de Realidade Aumentada que possibilita visualizar uma reprodução de uma das tumbas encontradas na cidade, e um quiosque virtual onde são expostos alguns objectos e máscaras digitalizados tridimensionalmente. [93]

Nos ambientes virtuais a exploração é efectuada de um modo bastante intuitivo, como se fosse um jogo. O guia virtual possui reconhecimento de voz e permite dirigir o utilizador até uma zona que este especifique, explicando as suas características e os acontecimentos mais importantes. [93]



Figura 56 – Ambiente virtual da cidade de Calakmul e guia virtual [93]

2.4.2.2 Virtual Dunhuang

Dunhuang é um local situado no noroeste da China, próxima do deserto de Taklamakan, integrante da rota da seda e declarada como Património da Humanidade pela UNESCO em 1987. Esta cidade tornou-se bastante conhecida pelas cavernas que possui, as Mogao Grottos, construídas e decoradas por monges budistas entre o quarto e o décimo quarto séculos depois de Cristo. Actualmente esta zona possui 570 cavernas com aproximadamente 60.000 metros quadrados de murais pintados e 3.000 estátuas, que ao longo dos últimos séculos tem-se degradado sob o efeito do clima da região e das visitas dos turistas. Devido a esta situação hoje em dia só 10% do local está aberto ao público. [5] [94] [95]



Figura 57 – Mogao Grottos em Dunhuang [95]

De modo a propagar a existência destas cavernas e a favorecer a sua conservação a Universidade Zheijiang em Hangzhou, China, e o Fraunhofer-IGD (Institute Graphische Datenverarbeitung) em Darmstadt/Rodstock, Alemanha, criaram em 1999 um ambiente virtual interactivo. Para recriar a experiência da visita às grutas, e aumentar a sensação de Imersão do utilizador, é utilizada uma CAVE com cinco telas. É possível movimentar-se no interior da CAVE enquanto uma voz, que simula um guia turístico, dá informações sobre cada pintura e estátua. Para melhorar a reprodução das grutas, cuja estrutura nem sempre se adapta

bem a um habitáculo quadrado, desenvolveu-se um dispositivo que simula uma lanterna, o que também aumenta a interacção do utilizador com ambiente virtual. [94]



Figura 58 – Mogao Grottos, ambiente virtual [94]

2.4.2.3 ERATO

O projecto ERATO (identification Evaluation and Revival of the Acoustical heritage of ancient Theatres and Odea) fez parte do programa INCO-MED da União Europeia e teve como objectivo simular uma série de teatros antigos e odeões com tecto situados na zona do Mediterrâneo. Entre os teatros e odeões seleccionados se encontravam Jerash (Jordânia), Aphrodisias (Turquia), Aspendos (Turquia), Aosta (Itália) e Siracusa (Itália). Teve início em 1 de Fevereiro de 2003 e a sua duração foi de três anos. [5] [96] [97]

Estes locais foram reproduzidos no seu estado actual e no estado em que estavam quando foram construídos, tendo em conta o seu aspecto visual e as suas propriedades acústicas. As personagens utilizadas, tanto no público como no palco, utilizam vestuário da época. Do mesmo modo, tanto as músicas como o estilo de interpretação teatral também são fiéis à daquela era (período Helenístico e Romano). [96] [97]

Os desafios principais deste projecto foram a reprodução em tempo real de múltiplas personagens (público) e som posicional. [96]

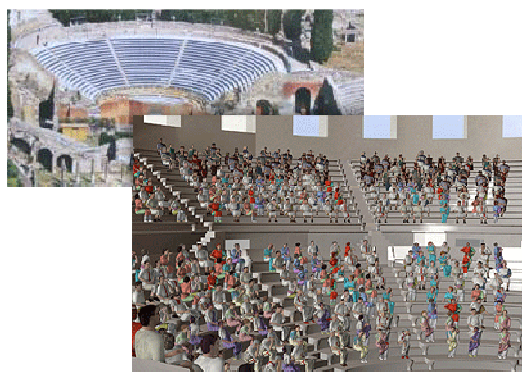


Figura 59 – Projecto ERATO da EU-INCO-MED [96]

2.4.3 Outras Aplicações

A Realidade Virtual, os ambientes virtuais e os gráficos realistas criados por computador têm muitas outras aplicações na nossa sociedade: está presente em grande parte dos filmes que vemos, nos interfaces com os dispositivos electrónicos mais comuns (como os telemóveis), nos videojogos, nas ferramentas utilizadas para treino de pilotos ou soldados ou em aplicações educacionais.

Neste capítulo serão apresentados dois desses exemplos: a simulação de veículos e a os videojogos.

2.4.3.1 Simulação de Veículos

A simulação de veículos é uma prática muito corrente na actualidade. Os seus objectivos costumam ser o treino de pilotos, a análise comportamental ou a prototipagem. Estes simuladores podem ter diferentes graus de realismo, podendo ser constituídos por partes reais dos veículos que se pretende simular (como o painel de controlo ou *cockpit*), por plataformas hidráulicas que simulam o movimento do veículo e/ou dispositivos hápticos. [5]

Em termos de design de veículos, a Realidade Virtual oferece várias vantagens quando comparada com a criação de maquetas reais: é mais barato, mais fácil e possibilita a alteração dos modelos em qualquer momento. Os ambientes virtuais imersivos desta categoria permitem avaliar características do veículo como a visibilidade, a acessibilidade dos instrumentos, a performance do piloto ou o aspecto estético do interior e exterior do veículo. [5]

No âmbito da investigação comportamental de pilotos de veículos, várias empresas e laboratórios utilizam simuladores. Estes possibilitam um nível de controlo e monitorização da experiência que muitas vezes não pode ser atingido utilizando veículos reais. Um dos simuladores mais avançados nesta área se encontra na universidade de Iowa, nos Estados Unidos. O seu nome é “National Advanced Driving Simulator” (NASD) e foi desenvolvido pela National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). Está composto por uma estrutura circular fechada onde é colocado o *cockpit* do veículo a simular (o que permite ter um campo de visão de 360°). Esta estrutura possui dispositivos hidráulicos que simulam as rotações do veículo e pode movimentar-se em qualquer direcção num recinto de dimensões consideráveis. [98]



Figura 60 – Simulador NASD da universidade de Iowa [98]

Duas indústrias que trabalham frequentemente com estas tecnologias são a automobilística e a aeronáutica.

A empresa Renault, por exemplo, dispõe de vários simuladores dos seus veículos. As suas utilidades variam desde treinar os seus pilotos de competição a criar protótipos dos seus camiões ou investigar a utilização de novas tecnologias. Um exemplo é o “Eco² Driving Simulator”, desenvolvido pela empresa francesa Oktal, cujo objectivo é ensinar os pilotos de automóveis a praticar uma condução ecológica e económica. Através de uma simulação realista da condução de um veículo, a aplicação devolve os valores instantâneos e acumulados de poluição gerada e de consumo de combustível. [5] [99]



Figura 61 – Simulador Renault Eco² [99]

Os simuladores de voo são utilizados por empresas comerciais e pelas forças armadas desde o início da Segunda Guerra Mundial. Um dos primeiros simuladores deste tipo foi o “Link Trainer”, criado por Edwin Link em 1929, que atingiu um grande sucesso no treino de pilotos das forças aliadas no período entre 1939 e 1945 (foram construídas 10.000 unidades aproximadamente). Nesta época a computação gráfica se encontrava numa fase inicial de desenvolvimento, pelo que este simulador era essencialmente mecânico. [100]



Figura 62 – Simulador de voo Link Trainer [100]

Com a evolução dos dispositivos informáticos a partir de 1960, os simuladores de voo começaram a combinar computadores digitais com dispositivos mecânicos (reprodução do *cockpit*, plataformas para simular o movimento do avião, etc.). [100]

Um dos simuladores mais avançados actualmente é o “LAMARS”, construído pela empresa Northrop, que se encontra na Base das Forças Aéreas de Wright-Patterson no Ohio, Estados Unidos de América. É capaz de reproduzir movimentos com cinco graus de liberdade (o que permitem que o *cockpit* rode em todas as direcções e se desloque no espaço) e a sua área de visualização do ambiente virtual abrange 360°. [100]



Figura 63 – Simulador de voo LAMARS [100]

No âmbito das empresas aéreas comerciais a difusão destes instrumentos para o treino de pilotos se encontra muito generalizada, estimando-se em 1.200 os simuladores usados actualmente a nível mundial. Companhias como a British Airways ou a TAP (Transportes Aéreos Portugueses) possuem simuladores que, em paralelo com o treino dos pilotos, também são utilizados em outras actividades. O programa “Ganhar Assas”, resultante da parceria entre a TAP e a sua participada UCS - Cuidados Integrados de Saúde S. A., utiliza o seu simulador situado em Lisboa como ferramenta para o tratamento de pessoas com medo de viajar de avião. [101]



Figura 64 – Cockpits de um Airbus A320 real e de um simulador de Airbus A340 [102]

2.4.3.2 Jogos

A evolução da Realidade Virtual e da indústria dos jogos sempre ocorreu em paralelo, partilhando muitas vezes os mesmos dispositivos e as mesmas ferramentas. Vários projectos que utilizam ambientes virtuais e que se integram nas mais diversas áreas científicas ou comerciais são concebidos utilizando os denominados motores de jogo (ver Capítulo 2.3.2.4).

As tecnologias utilizadas nos dispositivos de interface com o utilizador provenientes de projectos de Realidade Virtual têm sido muitas vezes aplicadas na criação de controladores de jogos. Devido ao seu alto custo frequentemente tiveram de ser adaptadas, de modo a tornar-se acessíveis ao consumidor habitual, o que fez variar a sua eficiência e o respectivo sucesso comercial.

Uma das empresas de jogos que mais tem investido em formas de controlo de jogos inovadoras tem sido a Nintendo. Após ter comercializado alguns produtos que se revelaram fracassos de vendas, como a PowerGlove (uma Wired Glove desenvolvida para controlar os jogos da consola NES – Nintendo Entertainment System) ou o Virtual Boy (uma consola de jogos que oferecia imagem monocromática estereoscópica), atingiu um sucesso proeminente com a sua consola Nintendo Wii (ver Capítulo 2.2.5). [5] [103] [104]



Figura 65 – Power Glove e Virtual Boy, da Nintendo [103] [104]

A tendência dos jogos actuais é tornarem-se cada vez mais realistas, tornando-se verdadeiros simuladores e superando em várias ocasiões a sensação de Presença que proporcionam projectos de Realidade Virtual com contexto similar. Servindo-se sempre das últimas novidades no que diz respeito à síntese de imagem e som por computador, esta indústria tem impulsionado enormemente a evolução (e respectiva diminuição de preço) de *hardware* informático.

Existem inúmeros exemplos de jogos que utilizam as funcionalidades mais recentes para apresentar ambientes virtuais muito realistas. Uma das empresas que se tem colocado na vanguarda em relação a inovações tecnológicas é a Crytek. Apesar de não ter lançado muitos jogos no mercado, a qualidade e o nível de realismo dos mesmos tem-lhe garantido uma posição de destaque. Utilizando um motor de jogo próprio, o CryENGINE®, duas séries de jogos são as responsáveis pelo sucesso desta companhia: o FarCry e o Crysis.



Figura 66 – Farcry 2 e Crysis, da Crytek [105]

Outro factor que tem motivado o crescimento desta indústria durante os últimos anos foi a adesão do público geral aos serviços de internet. A possibilidade de que vários utilizadores possam participar em simultâneo em modos desenhados especificamente para utilizar uma conexão de internet é uma funcionalidade quase essencial da maioria dos jogos disponíveis actualmente. Alguns deles são criados especificamente para este fim. Dois casos de enorme sucesso são o Counter-Strike: Condition Zero da empresa Sierra Entertainment e o World of Warcraft da Blizzard Entertainment.



Figura 67 – Counter-Strike: Condition Zero e World of Warcraft [105]

Em paralelo com o aumento das capacidades de processamento e funcionalidades do *hardware* utilizado pelos jogos, e tendo em conta o sucesso atingido pela consola Nintendo Wii, as empresas que desenvolvem dispositivos para esta indústria dos continuam a lançar produtos baseados nas tecnologias usadas pela Realidade Virtual. Um exemplo relativamente recente é o 3D Vision™ da companhia NVIDIA. Estes óculos permitem visualizar jogos e filmes através de imagem estereoscópica. Para tal é necessário possuir uma placa gráfica compatível, um monitor com uma taxa de actualização de imagem igual ou superior a 100 Hz e *software* específico. [106]



Figura 68 – GeForce® 3D Vision™ da NVIDIA [106]

A indústria dos jogos evoluiu consideravelmente nos últimos anos, movimentando anualmente grandes quantidades de capital. No ano 2007, por exemplo, só nos Estados Unidos obteve 9,5 biliões de dólares americanos em receitas. [107]

2.4.3.3 Educação

O uso de Realidade Virtual no contexto da educação tem sido muito abordado, principalmente nos anos em que estas tecnologias tiveram maior protagonismo (anos 90 e inícios do novo milénio). Um laboratório que se tem especializado no seu estudo, particularmente em casos em que a sua utilização visava alunos de infantário e pré adolescentes, é o VREL (Virtual Reality and Education Laboratory) situado na East Carolina University [108]. É responsável pela publicação de um jornal de distribuição online de nome “VR in the Schools”, que tem sido publicado desde 2005 a 2007, e que aborda projectos e aplicações nesta área [109]. Projectos de outros laboratórios ou empresas comerciais incluem simuladores de maquinaria que, devido ao seu custo, não está disponível para algumas instituições de educação (como por exemplo o “PostPressSim”, um simulador de uma fábrica de publicação de livros desenvolvido pelo VTT Technical Research Centre na Finlândia [110]) ou *software* para complementar temas leccionados com frequência em aulas do ensino básico (como os produtos da empresa Sunrise Virtual Reality, que incluem visitas virtuais a África, ao Egipto e ao Sistema Solar, que reconstituem a época colonial na altura da criação da constituição americana ou que ajudam os alunos a compreender as obras de Shakespeare [111]).

Recentemente o sucesso da aplicação “Second Life” da Linden Research Inc. tem sido acompanhado de um uso extensivo desta ferramenta para a criação de ambientes com finalidades educativas, abrangendo áreas que vão desde a saúde ao planeamento urbano, passando pela literatura e a música. Uma lista com projectos deste tipo pode ser encontrada no site “Second Life in Education”. Um exemplo é o “Music Academy Inworld” que é um projecto dedicado à educação e apreciação musical. O seu espaço também é utilizado para promover novos músicos e compositores de música clássica, e permite aos seus visitantes a participação em uma série de actividades nas que se incluem aulas (com recurso a vídeo e áudio), concertos, recitais ou palestras. [112]



Figura 69 – Music AcademyInworld no Second Life [112]

3 Concepção do Projecto

Neste capítulo são expostos os passos que foram necessários para conceber o projecto: desde a revisão bibliográfica até a escolha do contexto da aplicação a ser desenvolvida, bem como dos dispositivos e das ferramentas que seriam utilizadas.

É realizada a identificação das várias aplicações que poderiam ter sido desenvolvidas no âmbito deste projecto, das possíveis ferramentas para a sua implementação e dos dispositivos de interface que se adequam a cada aplicação. São comparadas as necessidades e limitações de cada elemento e justificadas as escolhas realizadas.

3.1 Revisão Bibliográfica

A revisão bibliográfica efectuada para a criação do estado da arte e a aprendizagem de conceitos teve como base o livro “Stepping into Virtual Reality” de Mario A.Gutiérrez, Frédéric Vexo e Daniel Thalmann [5]. A partir dos temas nele expostos, foram realizadas várias pesquisas em documentos *online* de modo a actualizar, aprofundar e expandir os conceitos e exemplos nele apresentados.

Para a implementação da aplicação foram utilizados, principalmente, recursos online de carácter técnico. Vários tutoriais em formato texto e vídeo permitiram aprender o funcionamento do XNA Game Studio, algumas técnicas para a criação de ambientes virtuais (utilização de um *Sky Box*, por exemplo) ou o funcionamento das livrarias utilizadas para a gestão dos dispositivos da consola Nintendo Wii num computador.

3.2 Hipóteses de Desenvolvimento

Após o processo de revisão bibliográfica tornou-se possível identificar os conceitos que a Realidade Virtual envolve, as características que devem possuir os ambientes virtuais de modo a proporcionar sensações de Imersão e Presença ao utilizador, alguns exemplos de projectos de sucesso, e os dispositivos e ferramentas disponíveis na altura do início do desenvolvimento deste projecto.

A partir destes dados foram idealizadas várias aplicações que poderiam ser desenvolvidas para serem avaliadas pelos alunos. Tendo em conta o utilizador alvo e os recursos disponíveis foram levantadas algumas características que seriam desejáveis na aplicação, nomeadamente:

- Carácter educativo, por os seus utilizadores serem estudantes e de modo a aumentar a sua função prática;
- Modo de interacção divertido: tal como nos jogos este factor aumenta a sensação de Presença do utilizador, diminuindo a importância associada ao realismo da aplicação (gráficos, físicas, imersão, etc.);
- Ambiente virtual com iluminação simples, de modo a não prejudicar muito o realismo do mesmo;
- Ambiente virtual com objectos pouco numerosos, não muito complexos e comuns, de modo a melhorar a performance da aplicação e para facilitar a sua obtenção (através de modelos tridimensionais de distribuição gratuita);
- Ausência de animações muito elaboradas, porque o ISEP não possui dispositivos específicos para facilitar a obtenção de movimentos realistas (sistemas de mapeamento de movimentos, ver Capítulo 2.2.4), o que torna a tarefa muito complexa e pode diminuir bastante o realismo do ambiente virtual;
- Evitar na medida do possível a utilização de figuras humanas, pela extrema dificuldade que implica obter resultados realistas com as mesmas (especialmente no que diz respeito a expressão facial).

Ainda, foram identificados alguns factores que limitavam a implementação do projecto:

- O número muito reduzido de pessoas para desenvolver a aplicação (uma única pessoa);
- O orçamento limitado, de modo a tornar a aplicação portátil para as escolas secundárias;
- Falta de experiência no âmbito da criação de ambientes virtuais realistas.

Com base nestes pontos foi criada uma lista com algumas aplicações que poderiam ser implementadas, e analisadas as vantagens e desvantagens que cada uma poderia apresentar. Esta lista pode ser visualizada na seguinte tabela:

Projecto	Vantagens	Desvantagens
Passeio Virtual pelo ISEP (Navegação)	- Relativamente fácil de implementar	- Falta de originalidade - Pouco interessante - Não entretém o utilizador (sensação de Presença diminuída)
Simulador de Condução Defensiva (ultrapassagens, estacionamento, situações ambientais adversas...)	- Animações simples - Objectos simples - <i>Hardware</i> especial disponível no ISEP	- Conceito pouco original - Dificuldade em simular o comportamento de um carro de modo realista - Necessidade de um motor de físicas avançado (de modo a simular de modo realista a inércia, forças centrífugas ou alterações de aderência do terreno)
Simulador de Apresentações em Público	- Útil em ambiente académico - Possibilidade de importar ficheiros do Microsoft Power Point para possibilitar o treino em apresentações reais - Possível uso para o tratamento de fobias	- Utilização de múltiplas figuras humanas com comportamentos diferentes - Expressão facial muito importante - Dificuldade na implementação de Inteligência Artificial (para que as figuras humanas fizessem perguntas ou agissem conforme o tom de voz do utilizador, p. e.)
Simulador de Instrumentos Musicais de Percussão (Piano, Bateria, Xilofone...)	- Projecto original - Carácter educativo - Possibilidade de criação de módulos de aprendizagem - Ambiente virtual simples - Objectos simples - Animações simples	- Necessidade de <i>hardware</i> específico adicional (sensores de movimentos, <i>Wired Gloves</i> , pedais) - Sistema de detecção de colisões com alguma complexidade (precisão, força, velocidade...)
Simulador de Terramotos	- Carácter educativo	- Necessidade de um motor de físicas avançado (gravidade, detecção de colisões realista...) - Múltiplas figuras humanas (animação, comportamentos caóticos)
Simulador de Incêndios	- Educativo	- Capacidades gráficas avançadas (chamas realistas, fumos...) - Utilização de múltiplas figuras humanas (animações realistas, comportamentos caóticos) - Complexidade na apresentação e difusão do fogo pelos objectos do ambiente virtual

Tabela 3 – Aplicações sugeridas para o projecto

3.3 Selecção da Aplicação a Desenvolver

A selecção da aplicação a desenvolver teve em conta o tipo de utilizador para o qual se destinava a aplicação, os recursos existentes tanto a nível de *software* como de *hardware*, o modo como se inseria no contexto do curso de mestrado e a quantidade de esforço que iria supor desenvolvê-la por uma única pessoa.

3.3.1 Aplicação

A aplicação escolhida como mais apropriada, da lista apresentada na Tabela 3, foi a referente a um simulador de instrumentos musicais de percussão. O instrumento musical que iria ser simulado inicialmente seria uma bateria, ficando em aberto a possibilidade de alargar a gama de instrumentos musicais futuramente.

Foi definido como objectivo principal, em relação às funcionalidades que a aplicação deveria suportar, a simulação realista de uma bateria com recurso a imagem estereoscópica, som posicional e interface com o utilizador natural.

Funcionalidades consideradas desejáveis incluíam a reprodução de sensações hápticas por parte do sistema (quando as baquetas colidissem com os tambores o sistema poderia reproduzir uma vibração nos dispositivos de interface com o utilizador), a implementação de módulos de aprendizagem ou tutoriais que permitissem ao utilizador aprender técnicas utilizadas no instrumento real e uma componente lúdica que ajudasse a criar a sensação de presença por parte do utilizador.

Outras funcionalidades que poderiam ser implementadas, no caso de que o tempo disponível para o projecto assim o permitisse ou que poderiam ficar em aberto para desenvolvimento futuro, incluíam:

- Gravação e reprodução de músicas criadas com o simulador;
- Configuração do instrumento musical (escolha personalizada dos tambores/sons da bateria ou afinação, por exemplo);
- Comunicação com utilizadores remotos de modo a combinar vários instrumentos musicais em tempo real.

Este tipo de aplicação foi considerado adequado ao objectivo do projecto, uma vez que tanto os ambientes virtuais como as aplicações musicais possuem um factor de atracção notório em jovens adultos e adolescentes. Exemplos disso são o sucesso atingido por aplicações como o "Second Life" da Linden Research Inc. [1] ou o "Guitar Hero" da Activision [114]. Na faixa

etária indicada o uso de redes sociais e interfaces com o utilizador inovadoras (na consola Nintendo Wii ou em novos modelos de telemóvel, p. e.) é uma prática comum, chegando a influenciar o modo como as novas gerações se expressam e comunicam.

3.3.2 Dispositivos

A configuração inicial dos dispositivos a utilizar incluía:

- Um HMD, para aumentar a sensação de Imersão do utilizador;
- Duas Wired Gloves, através das quais seriam simuladas a posição e orientação das baquetas com que o utilizador iria tocar a bateria no ambiente virtual;
- Dois ou três sensores de movimento com seis graus de liberdade (possibilidade de detecção de rotações e deslocações no espaço) para as Wired Gloves e para o HMD (no caso de que este não incorporasse um);
- Um computador com capacidades de processamento adequadas para a reprodução dos gráficos, do som e para a gestão das interações com o utilizador sem a ocorrência de latência entre o *input* dos dispositivos e o *output* do sistema.

Após a análise das opções disponíveis no mercado considerou-se que o custo das duas Wired Gloves (ver Capítulo 2.2.3) e dos sensores de movimento (ver Capítulo 2.2.4) era excessivo para o orçamento destinado ao projecto. A alternativa adoptada foi a sua substituição por dois Nintendo Wii Remote (ver Capítulo 2.2.5), de custo bastante reduzido (quando comparado com o das Wired Gloves) e com funcionalidades similares. O modo como estes dispositivos são manuseados os torna bastante apropriados para simular as baquetas.

O estudo dos HMDs resultou na escolha do Z800 3D Visor da eMagin como o dispositivo mais adequado, sendo o preço reduzido e o sensor de movimento incorporado dois factores determinantes nesta decisão (ver Capítulo 2.2.1). Estudos posteriores revelaram que a empresa NVIDIA, que comercializa placas gráficas, disponibiliza um *driver* de sistema compatível com o referido HMD que permite a reprodução de aplicações com gráficos 3D através de imagem estereoscópica sem necessidade de desenvolvimentos adicionais.

Posteriormente foi definida a necessidade de o sistema possuir pelo menos um dispositivo capaz de simular um pedal: as baterias utilizam um ou vários pedais para tocar em determinados tambores. Uma das opções que foi estudada era a de utilizar pedais especificamente desenhados para serem usados em conjunto com a bateria dos jogos Guitar Hero da Activision [113] e Rock Band da Harmonix Music Systems [114]. Existem vários modelos, sendo alguns deles muito realistas. Um dos que foram avaliados é o Rock Pedal, que

é construído a partir de um pedal real [115]. Não foram encontradas informações de que estes pedais pudessem ser conectados a um PC, no entanto, o facto de estes dispositivos serem ligados à bateria através de uma ficha Jack de 3.5mm (idêntica à utilizada pelo PC para a recepção do sinal de um microfone, por exemplo) sugeria que poderia existir algum modo de interpretar o sinal recebido no computador. Esta opção acabou por ser descartada ao descobrir que o Wii Balance Board (ver Capítulo 2.2.5) podia ser conectado ao computador através de *Bluetooth* e os seus sinais interpretados pela livraria WiimoteLib (a mesma que seria utilizada para controlar os sinais dos Wii Remote). A utilização deste dispositivo permitiria simular dois pedais.



Figura 70 – Rock Pedal [107]

Para determinar a localização espacial do Wii Remote, a consola Nintendo Wii utiliza um dispositivo denominado Wii Sensor Bar (ver Capítulo 2.2.5). Este dispositivo é conectado à consola através de um cabo, mas não é transmitida nenhuma informação entre ambos: só energia eléctrica. Foi estudada a possibilidade de utilizar versões deste dispositivo sem cabo e de construção artesanal [116], no entanto algumas marcas comercializam produtos com esta funcionalidade a preços relativamente baixos. Uma dessas marcas é a Subsonic. Para a realização deste projecto foi seleccionado o Subsonic Wireless Sensor Bar [117].

Em conclusão, os dispositivos seleccionados para a aplicação final são:

- Um computador com capacidades de processamento adequadas (com uma placa gráfica da NVIDIA preferencialmente);
- Dois Nintendo Wii Remote (ver Capítulo 2.2.5);
- Um Head-Mounted Display Z800 3D Visor da eMagin (ver Capítulo 2.2.1);
- Um Wii Balance Board (ver Capítulo 2.2.5);
- Um Subsonic Wireless Sensor Bar (ver Capítulo 2.2.5).

3.3.3 Ferramentas de Desenvolvimento

A escolha das ferramentas de desenvolvimento para a implementação do projecto foi realizada com base no estudo sobre as aplicações para a criação de ambientes virtuais realizado (motores de jogo, aplicações específicas e ambientes de programação – ver Capítulo 2.3.2), na minha experiência profissional e no objectivo de dar preferência a *software* de utilização livre.

3.3.3.1 Ambiente de Desenvolvimento

Foi seleccionado o Microsoft Visual Studio na versão 2008. A escolha de um ambiente de desenvolvimento com programação ao invés de uma aplicação com um interface próprio deriva da liberdade que estes ambientes proporcionam. No caso desta ferramenta, ela apresenta como principais vantagens a experiência profissional que possuo com as linguagens da plataforma .NET e o IDE do Microsoft Visual Studio, o facto de serem suportadas linguagens orientadas a objectos (no caso específico desta aplicação seria C#), o que permite uma estruturação e reaproveitamento do código muito superior às linguagens do paradigma procedimental (C, Basic), e a existência de uma versão livre para a criação de projectos com fins não comerciais: o Visual Studio 2008 Express.

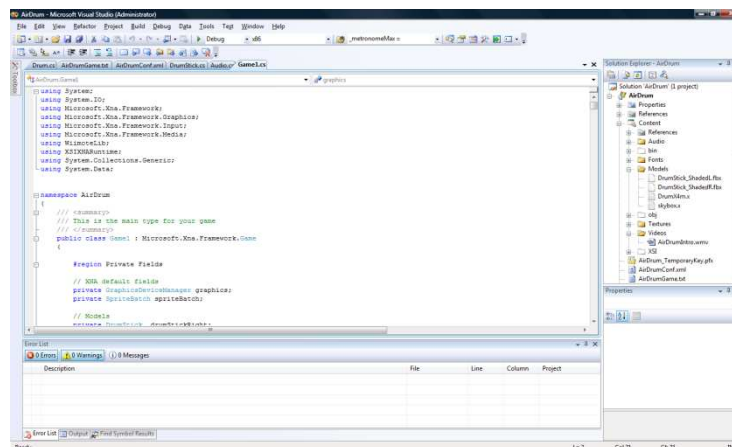


Figura 71 – Interface do Microsoft Visual Studio 2008

3.3.3.2 Reprodução de Imagem e Áudio

Foi seleccionado o Microsoft XNA Game Studio na versão 3.1. Esta ferramenta é composta por uma plataforma que pode ser integrada no ambiente de desenvolvimento Microsoft Visual Studio. Oferece livrarias e modelos que simplificam significativamente a reprodução de gráficos tridimensionais e vídeo (quando comparados, por exemplo, com as livrarias de desenvolvimento do OpenGL - GLUT). A reprodução de áudio também é muito facilitada em

termos de código e suporta a reprodução de áudio posicional. É distribuído de forma gratuita, sendo necessário comprar uma licença para o desenvolvimento de aplicações com fins comerciais (ver Capítulo 2.3.1.2). Outra das vantagens que apresenta é o facto de permitir a conversão de aplicações desenvolvidas para computadores pessoais em aplicações para a consola Xbox e vice-versa. São disponibilizados vários tutoriais e fóruns sobre esta plataforma via internet, dos quais destaca o XNA Creators Club Online [118].

Como principal desvantagem pode-se indicar o facto de as aplicações serem desenvolvidas com recurso a uma plataforma proprietária, o DirectX da Microsoft Corporation, o que impossibilita a sua utilização em plataformas de outras companhias. No entanto, no âmbito deste projecto, esse aspecto não foi considerado relevante.

3.3.3.3 Modelação de Objectos 3D

Foi seleccionado o Autodesk Softimage XSI Mod Tool na versão 6.01. Esta ferramenta de distribuição livre para projectos com fins não lucrativos permite a criação e edição de modelos tridimensionais nos formatos mais comuns. Apesar de gratuita, esta ferramenta disponibiliza muitas funcionalidades avançadas, como a criação de animações em função de esqueletos e pesos atribuídos aos modelos. Um plug-in permite a criação de projectos directamente no Microsoft XNA Game Studio [119]. No caso deste projecto, a sua utilização destinar-se-ia à edição de modelos e conversão de formatos.

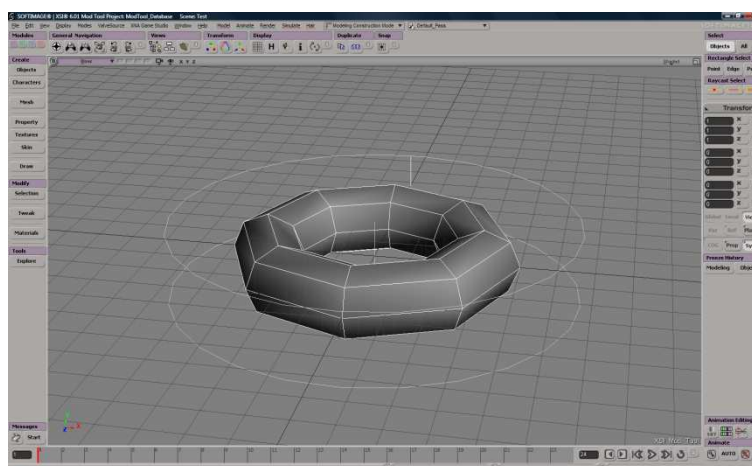


Figura 72 – Autodesk Softimage XSI Mod Tool 6.01

3.3.3.4 Gestão de Dispositivos Nintendo Wii

Foi seleccionada a livraria WiimoteLib. Esta livraria foi desenvolvida por Brian Peek [120] e pode ser integrada em projectos da plataforma .NET. São disponibilizados vários tutoriais online [121], bem como o código de algumas aplicações que a utilizam [112]. A versão da

livraria (1.8 Beta) usada suporta vários dispositivos, entre os quais o Wii Remote, o Wii Balance Board, o Wii Nunchuck e os controladores para o jogo Guitar Hero [113] para a consola de jogos Wii. Apresenta também alguma compatibilidade com o Wii MotionPlus, mas este ainda não é completamente suportado (ver Capítulo 2.2.5). A sua distribuição é livre, a sua utilização relativamente simples e possui uma comunidade de utilizadores muito activa [123].

3.3.3.5 Reprodução de Imagem Estereoscópica

Para a reprodução de imagem estereoscópica no Head-Mounted Display, o site da eMagin indica que o Z800 3D Visor é compatível com os sistemas operativos Microsoft Windows XP e Microsoft Windows Vista de 32 bits (nas versões de 64 bits o sensor de movimento não funciona) [124]. A criação das imagens estereoscópicas é feita com recurso ao *driver* “Legacy GeForce Stereoscopic 3D” disponibilizado pela NVIDIA [124] [125] que evita a escrita de código fonte específico. A qualidade do efeito de profundidade e dos gráficos em geral (podem ocorrer alterações da imagem quando são utilizados determinados efeitos gráficos) varia de aplicação para aplicação [126]. O site da NVIDIA para programadores indica algumas técnicas para melhorar o efeito estereoscópico [127].

O HMD seleccionado possui um *driver* próprio e disponibiliza *software* para fazer ajustes na imagem e na sensibilidade do sensor de movimento, bem como uma aplicação que emula o movimento do cursor do rato através do movimento da cabeça do utilizador.

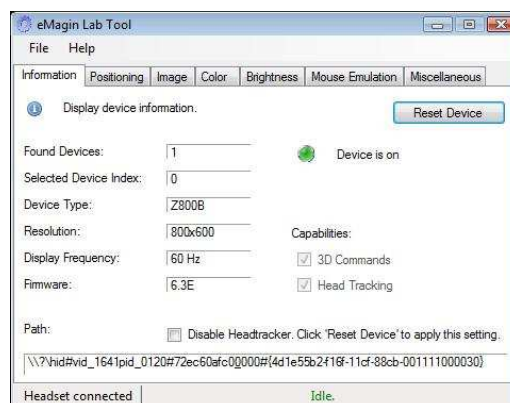


Figura 73 – Ferramenta Lab Tool do Z800 3D Visor

4 Implementação do Projecto

Neste capítulo são descritas as diferentes etapas que resultaram na implementação da aplicação em que se baseia este projecto: o estudo das ferramentas utilizadas e as fontes de informação que contribuíram à sua melhor compreensão, a aprendizagem do funcionamento dos dispositivos utilizados, a obtenção de recursos de *software* gratuitos para a criação do programa, a implementação do protótipo da aplicação e a sua validação e, finalmente, o desenvolvimento da aplicação definitiva.

4.1 Estudo das Ferramentas a Utilizar

Antes de começar a desenvolver a aplicação deste projecto foi necessário aprender o funcionamento de algumas das ferramentas seleccionadas. Neste capítulo é apresentada uma descrição geral da sua utilização e algumas das fontes de informação que foram consultadas no processo de aprendizagem.

Como referido no Capítulo 3.3.3.1, no início da implementação deste projecto já possuía experiência com o ambiente de desenvolvimento Microsoft Visual Studio e com a linguagem de programação C#. Como o funcionamento deste ambiente de desenvolvimento é algo extenso, e bastante difundido pelos programadores que trabalham habitualmente com a plataforma .NET, não será abordado neste documento.

4.1.1 Microsoft XNA Game Studio 3.1

Esta ferramenta pode ser obtida na página de descargas do XNA Creators Club Online [118], bem como a versão gratuita para fins não lucrativos do ambiente de desenvolvimento Microsoft Visual Studio 2008 para a linguagem C#, o “Visual C# 2008 Express Edition”, e a última versão do DirectX Runtime Web Installer. Também disponibiliza a versão mais recente do “DirectX Software Development Kit” e o atalho para a documentação online do XNA Game Studio 3.1 no Microsoft Developer Network (MSDN) [129].

Actualmente é possível encontrar muitos tutoriais *online* sobre o XNA Game Studio, abrangendo qualquer nível de experiência em computação gráfica e no uso da ferramenta. Para os programadores iniciantes têm especial destaque os disponibilizados na página de educação do site XNA Creators Club Online [130]. Estão divididos em dois grupos dedicados à criação de jogos em duas e três dimensões. São apresentados em formato vídeo e oferecem a possibilidade de descarregar os ficheiros com o código fonte estudado em cada capítulo.

Neles são abrangidos temas como a criação de um projecto XNA no Visual Studio, a estrutura do código do programa principal, o modo como se carregam os recursos (modelos tridimensionais, ficheiros de áudio ou fonts, p. e.), a utilização de dispositivos de interface com o utilizador (teclado ou gamepad) ou a lógica que permite controlar o jogo em tempo real. Outro tutorial notório para quem pretende começar a utilizar esta plataforma é o desenvolvido por Dan Waters no seu blog sobre Teoria dos Jogos [131]. Nele é criado de raiz um jogo em três dimensões que funciona em computadores pessoais e na consola Microsoft Xbox 360, e que é controlado através de um controlador do jogo Guitar Hero [113]. Este tutorial também está dividido em capítulos, é apresentado em formato vídeo e disponibiliza o código fonte e os recursos utilizados. Nele são abordados vários aspectos da plataforma XNA Game Studio, mas também inclui algumas noções sobre modelação de objectos tridimensionais e criação de animações avançadas com a ferramenta Softimage XSI Mod Tool [119]. A edição e conversão de áudio são realizadas através da ferramenta Microsoft XACT, que é incluída no pacote do XNA Game Studio e que permite alterar parâmetros para a reprodução dos ficheiros de áudio (como o volume ou a velocidade).

A estrutura geral do código de uma aplicação em XNA Game Studio 3.1 pode ser descrita do seguinte modo: dentro de cada novo projecto existe uma classe principal que vai gerir os eventos que permitem inicializar o programa, correr o programa em tempo real (criando os gráficos, reproduzindo o sons, recebendo e enviando os dados dos dispositivos de interface com o utilizador e administrando a lógica de funcionamento da aplicação) e finalizar o programa (libertando os recursos de *hardware* que foram utilizados). Esta classe tem o nome “Game1.cs” por omissão, e está composta pelos seguintes métodos:

- Game1 – Construtor da classe, normalmente não é alterado;
- Initialize – Método utilizado para inicializar quaisquer variáveis ou recursos que não precisem da placa gráfica;
- LoadContent – Método utilizado para carregar os recursos necessários para a aplicação, como modelos, texturas, fonts, vídeos ou sons;
- UnloadContent – Método utilizado para libertar o sistema dos recursos utilizados. Como é feito de modo automático, este método normalmente não é alterado;
- Update – Ciclo que é utilizado normalmente para actualizar a lógica da aplicação: receber e enviar dados para os dispositivos de interface, alterar variáveis dos modelos, calcular colisões, etc.;
- Draw – Ciclo para renderizar os gráficos da aplicação: texto, modelos, GUI (Graphical User Interface), imagem de fundo, etc.

Os formatos dos recursos a ser utilizados em projectos do XNA Game Studio 3.1 podem ser visualizados na seguinte tabela:

Recurso	Formato
Modelos 3D	Autodesk FBX (.fbx) Microsoft DirectX (.x)
Texturas	Bitmap (.bmp) Microsoft DirectDraw Surface (.dds) Device-Independent Bitmap (.dib) High Dynamic Range (.hdr) Joint Photographic Experts Group (.jpg) Portable Float Map (.pfm) Portable Network Graphics (.png) Portable Pix Map Format (.ppm) TARGA File Format (.tga)
Áudio	Waveform Audio Format (.wav) Audio Interchange File Format (.aif, .aiff) MPEG-1 Audio Layer 3 (.mp3) Microsoft Windows Media Audio (.wma)
Fonts	True Type (.ttf)
Video	Microsoft Windows Media Video (.wmv)

Tabela 4 – Formatos de recursos no XNA Game Studio 3.1

A plataforma do XNA Game Studio disponibiliza vários métodos que permitem realizar tarefas comuns (como o carregamento dos modelos, a sua rotação e translação, a criação de câmaras, a reprodução de sons ou a detecção de colisões entre objectos) com uma quantidade de código muito reduzida, abstraindo o utilizador do funcionamento dos dispositivos físicos e facilitando bastante o processo de concepção e desenvolvimento de aplicações.

4.1.2 Softimage XSI Mod Tool 6.01

A aplicação Autodesk® Softimage® Mod Tool, conhecida formalmente como XSI Mod Tool, é uma aplicação gratuita desenhada para a modelação de jogos não comerciais e a alteração de jogos existentes (“modding”). Está baseada em ferramentas encontradas no *software* Autodesk® Softimage® 7.5 que é utilizada por profissionais na criação de personagens, cenários, adereços e animações [119].

No âmbito deste projecto a sua utilização envolveu as tarefas de edição de modelos tridimensionais e a conversão dos seus formatos para formatos compatíveis com o XNA Game Studio (ver Capítulo 4.1.1). Existia a possibilidade de criar os modelos tridimensionais a partir desta ferramenta, no entanto foi descartada pelos seguintes motivos:

- Tempo necessário para a criação de modelos detalhados;
- Não estavam disponíveis os objectos reais que se pretendiam utilizar na simulação (bateria e baquetas) para facilitar a criação dos modelos;
- Falta de experiência na criação de modelos tridimensionais complexos;
- O realismo dos modelos é um factor bastante importante na concepção de ambientes virtuais: objectos pouco realistas contribuem na diminuição da sensação de Presença do utilizador;
- Existem sites que disponibilizam modelos de utilização livre (ver Capítulo 4.3.1).

Tendo em conta o objectivo da sua utilização, o tutorial disponibilizado por Dan Waters no seu blog sobre Teoria dos Jogos [131] foi suficiente para adquirir os conhecimentos necessários de modo a realizar as tarefas pretendidas.

O interface da aplicação é muito parecido ao utilizado por outros produtos para a modelação de objectos em três dimensões, como o 3ds Max, o Maya ou o AutoCAD da Autodesk, ou o Blender da Blender Foundation (ver Capítulo 2.3.2.1 e Figura 41). Uma das principais dificuldades encontradas estava relacionada com o deslocamento da câmara não ser efectuado de um modo muito intuitivo na configuração por omissão. As restantes tarefas, como deslocar o objecto ou alterar o seu tamanho, não apresentaram dificuldades.

Em relação aos formatos suportados, a aplicação permite importar e exportar, entre outros, modelos Microsoft DirectX e Autodesk FBX (mediante a instalação de uma utilidade denominada Autodesk Crosswalk [132]), compatíveis com a plataforma XNA Game Studio 3.1 (ver Capítulo 4.1.1).

4.1.3 WiimoteLib 1.8 Beta

Um bom ponto de partida na aprendizagem desta livreria para a utilização dos dispositivos da consola de jogos Nintendo Wii em computadores pessoais é o artigo escrito por Brian Peek no site Coding4Fun [121].

O primeiro aspecto que deve ser aprendido é como ligar os Wii Remote e o Wii Balance Board ao computador via *Bluetooth*. Este processo é descrito no Anexo A “Conexão de Wii Remotes e Wii Balance Board com PC”.

Após descarregar o pacote que incorpora a livreria WiimoteLib na página de descargas do site CodePlex [133], pode-se testar a conexão do Wii Remote com o computador e verificar o funcionamento correcto do sistema através da aplicação “Multiple Wiimote Tester” (incluída no pacote e cujo código fonte pode ser consultado).

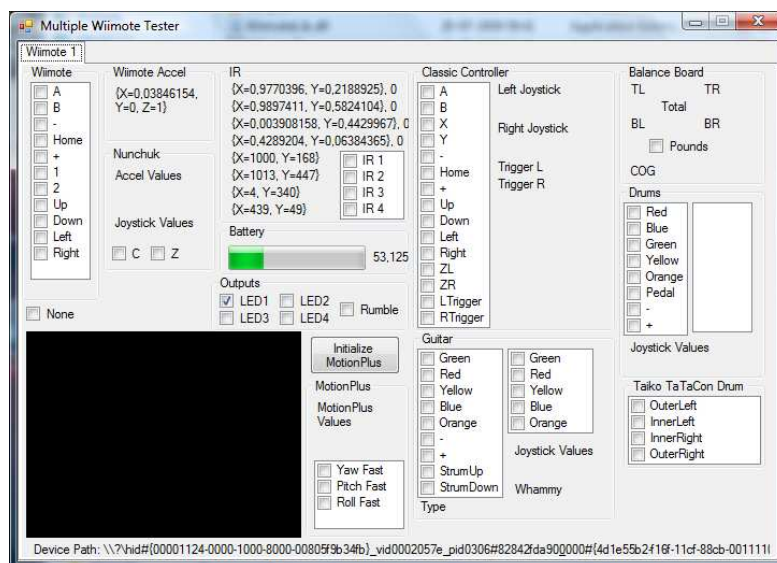


Figura 74 – Multiple Wiimote Tester, versão correspondente a WiimoteLib 1.8 Beta

No âmbito deste projecto tornava-se necessário saber que instruções são utilizadas para receber os dados do Wii Remote e como interpreta-las de modo a criar rotações e deslocações das baquetas virtuais. Exemplos de como utilizar a WiimoteLib para realizar estas tarefas e de como inicializar e libertar recursos, podem ser encontrados no tutorial do professor Volkmar Miszalok sobre XNA Game Studio (um dos capítulos utiliza a livreria para rodar um modelo através de um Wii Remote) [134], no projecto Wii Drum High de He Zhao [135] (que também utiliza o dispositivo Wii Balance Board), no projecto WiimotePresenter de Jason Smith (que utiliza a Wii Sensor Bar para mover o cursor do rato – ver Capítulo 2.2.5) ou nos vários projectos desenvolvidos por Johnny Chung Lee [136].

Como referido, a leitura dos dados provenientes do Wii Balance Board também é efectuada através desta livreria. O modo como este dispositivo é gerido é muito parecido ao que é utilizado com o Wii Remote [121].

4.2 Estudo dos Dispositivos a Utilizar

Neste capítulo é descrito de modo genérico o funcionamento dos dispositivos utilizados neste projecto para a interacção entre a aplicação e o utilizador. São apresentadas também as fontes de informação utilizadas para a sua aprendizagem e alguns dos problemas (e respectivas soluções) que surgiram durante a fase de implementação do projecto.

4.2.1 Nintendo Wii Remote

O Wii Remote é composto por um conjunto de botões, quatro LEDs, um altifalante, um motor que provoca vibração, um acelerómetro e uma câmara com um filtro de luz infravermelha (ver Capítulo 2.2.5).

A câmara tem um ângulo de captação de aproximadamente 45° e uma resolução de 1024 x 768 pixéis. Possui um filtro que envolve a área de captação de imagem cujo objectivo é impedir que seja recebida qualquer fonte de luz que não seja infravermelha. O Wii Sensor Bar é um dispositivo com a forma de uma barra que possui dois grupos de cinco LEDs de luz infravermelha situados em cada extremo. Não existe troca de dados entre este dispositivo e a consola Nintendo Wii, esta só lhe transmite electricidade, pelo que existem vários modelos construídos por outras empresas que funcionam a pilhas sem necessidade de cabo. Um exemplo destes dispositivos é o utilizado neste projecto: o Subsonic Wireless Sensor Bar [117]. Colocar o Wii Sensor Bar perto de outras fontes de luz infravermelha (como janelas abertas ou velas) pode aumentar a probabilidade de ocorrência de interferências na interpretação dos dados recebidos pelo Wii Remote.

A livraria utilizada para receber e enviar dados da aplicação para os Wii Remote é a WiimoteLib 1.8 Beta (ver Capítulo 4.1.3). Através dela é possível realizar as seguintes tarefas:

- Determinar o estado dos botões (pulsado ou não pulsado);
- Activar ou desactivar cada um dos quatro LEDs;
- Activar ou desactivar a vibração;
- Obter o estado de carga das pilhas;
- Determinar quantos pontos de luz infravermelha são detectados pela câmara (até quatro) e a sua posição em relação à imagem captada (percentagem horizontal e vertical);
- O valor do acelerómetro em função de um sistema de três eixos.

O cálculo da posição do Wii Remote é feito em função dos valores devolvidos pelo acelerómetro e a câmara.

Os valores instantâneos do acelerómetro funcionam em função da força gravítica e podem ser utilizados para medir a rotação do Wii Remote em torno dos eixos do X e do Y num sistema de eixos em que o Z é o eixo que aponta para cima (como o da Figura 29, ver Capítulo 2.2.5). Os valores acumulados permitem determinar acelerações em qualquer direcção.

Os dados devolvidos pela câmara podem ser utilizados para avaliar a distância entre o Wii Remote e o Wii Sensor Bar através de triangulação. Como pode visualizar-se na Figura 75, quando o Wii Sensor Bar se encontra a distâncias diferentes, a localização dos pontos de luz detectados pela câmara também difere (quanto mais afastados estejam o Wii Remote e o Wii Sensor Bar, mais juntos se encontram os pontos de luz detectados). O cálculo da distância a que se encontram os dispositivos é possível através da comparação entre a separação dos dois grupos de LEDs (sempre constante, aproximadamente 19cm) e a distância entre os pontos de luz detectados pela câmara. Para que este cálculo seja efectuado é necessária a detecção dos dois grupos de LEDs.

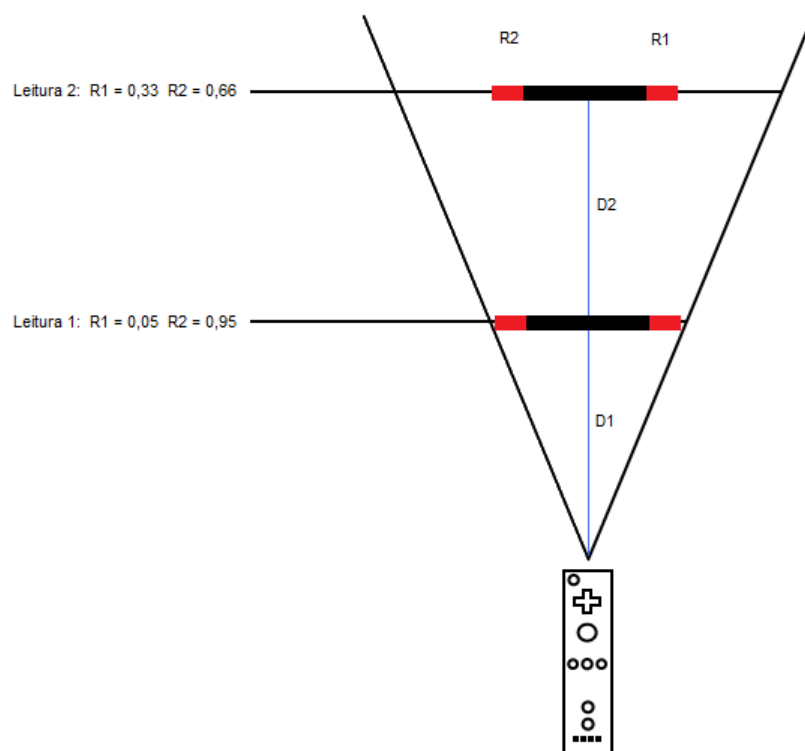


Figura 75 – Wii Remote e Wii Sensor Bar: cálculo da distância entre eles

Através do ângulo descrito pela linha que une os dois pontos de luz detectados, é possível confirmar qual é o ângulo de rotação do Wii Remote em torno do eixo do Y (ver Figura 29): o acelerómetro devolve dados que permitem efectuar este cálculo.



Figura 76 – Wii Remote: ângulo de rotação em relação ao eixo do Y

O deslocamento do par de pontos de luz para um dos lados pode acontecer em duas situações diferentes: ou o Wii Remote se deslocou no eixo do X ou rodou no eixo do Z. Ao rodar a distância entre os pontos diminui, mas este efeito também pode acontecer ao deslocar o Wii Remote no eixo do X e afasta-lo simultaneamente do Sensor Bar. Como o acelerómetro não devolve valores instantâneos diferentes quando se realizam movimentos de rotação em torno do eixo dos Z (o acelerómetro não varia a sua inclinação em relação ao chão) sem analisar uma sequência de valores ao longo do tempo não é possível diferenciar ambas as situações.

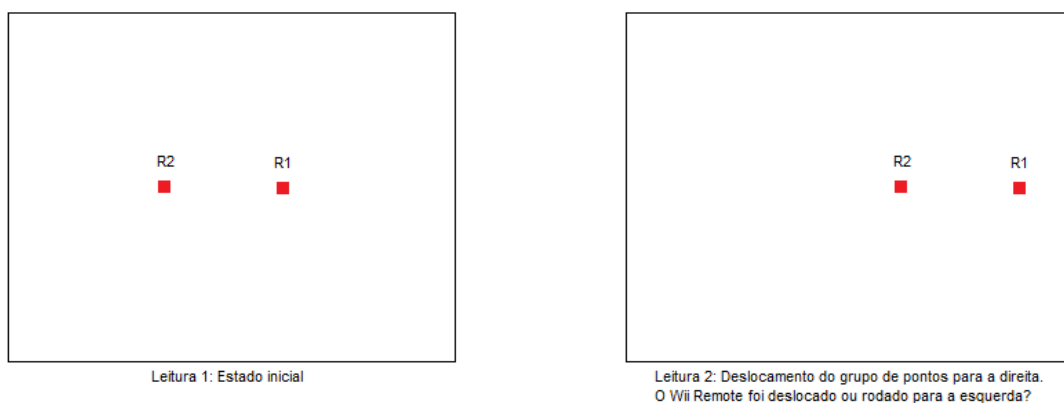


Figura 77 – Wii Remote: deslocamento ou rotação?

Esta limitação em conjunto com o facto de ser necessário detectar dois pontos de luz infravermelha para determinar a distância entre o Wii Remote e o Wii Sensor Bar implicam

que não seja possível fazer um mapeamento de um para um entre a posição e a orientação do Wii Remote e um modelo virtual. O dispositivo não foi desenhado para tal: nas aplicações em que é utilizado habitualmente ele serve como apontador ou é utilizado para o reconhecimento de gestos do utilizador (através da análise de um conjunto de valores recebidos num intervalo de tempo).

Com o objectivo de complementar os dados recebidos pelo acelerómetro e pela câmara, e tornar o mapeamento espacial do Wii Remote muito mais preciso, foi desenvolvido o Wii MotionPlus. Este possui um sensor de velocidade angular de dois eixos InvenSense IDG-600, mais sensível que o ADXL330 da iMEMS® incorporado no Wii Remote. Em conjunto tornam possível o mapeamento de um para um com modelos virtuais. Na versão 1.8 Beta da livraria WiimoteLib, lançada em 20 de Julho de 2009, é possível detectar o Wii MotionPlus e receber alguns valores do seu acelerómetro. Estes valores não estão calibrados e ainda não foi possível interpreta-los correctamente [133].

4.2.2 Nintendo Wii Balance Board

A Wii Balance Board pode parecer uma balança doméstica habitual, no entanto este dispositivo possui componentes que o tornam muito preciso e expandem a sua utilização para além de medir o peso do utilizador. Um grupo de sensores e giroscópios distribuídos pela plataforma permitem medir a distribuição do peso do utilizador pela área da sua superfície. Os dados recebidos pelos sensores são enviados via *Bluetooth*, como no caso do Wii Remote. A livraria WiimoteLib interpreta estes dados e apresenta-os sob a forma de seis medições: uma para cada esquina da plataforma, uma com o peso total e uma coordenada de um sistema de dois eixos com o ponto onde se encontra o centro de gravidade. O peso total e as medições das esquinas podem ser expressos em quilogramas ou libras, no entanto as leituras destas últimas não representam o valor absoluto do peso que suportam: apresentam a sua contribuição para o peso total segundo a seguinte fórmula:

PT – Peso Total

SD – Valor do sensor superior direito

SE – Valor do sensor superior esquerdo

AD – Valor do sensor anterior direito

AE – Valor do sensor anterior esquerdo

$$PT = \frac{\frac{SD + AD}{2} + \frac{SE + AE}{2}}{2} = \frac{SD + AD + SE + AE}{4}$$

Quando um utilizador sobe na Wii Balance Board e se inclina para um lado, é feita uma transferência de peso que é medida pelos sensores: quanto maior for a inclinação maior será a transferência de peso. Este tipo de medição pode ser utilizado, por exemplo, num simulador de *snowboard* em que a inclinação do utilizador guia a direcção da prancha, ou numa aplicação de *fitness* em que o utilizador deve assumir determinadas posições de Ioga mantendo o equilíbrio.

Para a aplicação desenvolvida no âmbito deste projecto o Wii Balance Board é utilizado para simular um par de pedais. Quando um objecto com um peso significativo é colocado na plataforma os quatro sensores das esquinas devolvem um valor. Para saber quando é que o utilizador pulsa um pedal com o pé é necessário definir um valor que estabeleça a diferença entre os estados em que o utilizador tem a ponta do pé levantada ou apoiada na plataforma: o que deve ser medido é a transferência de peso que é realizada para as esquinas frontais de modo a que, quando esse valor seja ultrapassado, o pedal seja activado.

4.2.3 eMagin Z800 3D Visor

O Head-Mounted Display seleccionado para ser utilizado na aplicação deste projecto foi o Z800 3D Visor da eMagin. As suas especificações detalhadas podem ser visualizadas na seguinte tabela:

Model Name	eMagin Z800 3D Visor
Viewing Equivalent	105 inch screen viewed at 12 feet
View Angle	40 deg diagonal FOV
Headtracking	360 deg horizontal, >60 deg vertical
Aspect Ratio	4x3
Resolution	SVGA 800x600 per display
Number of Colors	24-bit color for more than 16.7 million
Brightness	>50 cd/m ²
Contrast Ratio	>200:1
Stereovision	Automatic detect of frame-sequential stereovision data renders 2D or 3D vídeo
Weight (display set)	<8 oz
Power Consumption	1.5 W at maximum brightness
Power Supply	USB or 5 V dc regulated
Signal Input Mode	RGB Signal Input (15 pin D-Sub) 24 bit per pixel color

Audio Output	Attached stereo sound, maximum output 1 mW
Microphone System	Built-in noise-canceling microphone
Operating Environment	Operating temperature: 0° to 40°C (+32° or +104°F) Storage temperature: -10° to 50°C (+14° or +123°F)
Related Safety & Ergonomics	Adjustable interpupillary distance & tilt adjustment, frequent rests recommended (every hour or so)

Tabela 5 – Especificações do eMagin Z800 3D Visor [137]

Algumas das características que destacam especialmente neste modelo são:

- Ecrãs com tecnologia OLED (Organic Light Emitting Diode);
- Sensor de movimento incorporado;
- Preço reduzido (ver Capítulo 2.2.1).

A tecnologia OLED utiliza diodos orgânicos, compostos por moléculas de carbono que emitem luz ao receberem uma carga eléctrica. A sua vantagem em relação à tecnologia LCD é a capacidade de criar telas mais finas, leves e baratas. [138]

Estava previsto que a integração deste HMD na aplicação do projecto fosse realizada a partir do *driver* recomendado pelo fabricante: o “Legacy GeForce Stereoscopic 3D Drivers” da NVIDIA [139]. No entanto, foi detectado o seguinte problema:

- A última versão do “Legacy GeForce Stereoscopic 3D Drivers” disponibiliza o ecrã que permite activar e configurar a imagem estereoscópica no menu de configuração antigo dos *drivers* das placas gráficas da NVIDIA;
- Os *drivers* mais recentes têm um novo menu de configuração onde não é apresentado o este ecrã;
- Os *drivers* antigos que suportam o ecrã do “Legacy GeForce Stereoscopic 3D Drivers”, os Forceware 91.31, não reconhecem a placa gráfica utilizada no computador onde a aplicação foi desenvolvida e avaliada.

A solução a esta situação passou por utilizar um *driver* desenvolvido pela empresa iZ3D Inc. Este *driver* disponibiliza vários modos de criação do efeito estereoscópico e é gratuito para os modos “iZ3D” (para utilização com os monitores comercializados pela mesma empresa) e “Analglyph” (para utilização com óculos anaglíficos), os restantes modos precisam de uma licença comercial. Possui, no entanto, um período de teste de 30 dias (em que é completamente funcional) durante o qual foi efectuada a avaliação da aplicação. [140]

Após a instalação do *driver* próprio do HMD, para configurar o dispositivo e activar o modo que permite mover o cursor do rato através do sensor de movimento incorporado, foi necessário instalar o utilitário Lab Tool (ver Capítulo 3.3.3.5 e Figura 73).

O modo como o efeito de imagem estereoscópica é conseguido é o seguinte: o ser humano possui duas pupilas separadas por uma distância constante definida pelos outros constituintes dos olhos e pela região superior do nariz. Quando um objecto se encontra a uma distância inferior a 9 metros, cada olho recebe uma imagem com uma perspectiva diferente (o grau de diferença aumenta conforme à distância ao objecto diminui). As duas imagens visualizadas são interpretadas pelo cérebro que cria a sensação de profundidade. As técnicas para a criação de imagem estereoscópica consistem todas na apresentação de imagens diferentes para cada olho:

- **Imagens anaglíficas:** são utilizados uns óculos com lentes de cores diferentes (normalmente ciano e vermelho ou magenta e verde). As imagens apresentadas são compostas pela sobreposição das perspectivas relativas a cada olho coloridas com as cores de cada lente. As lentes servem de filtro, evitando que o olho com a lente de uma determinada cor veja as imagens definidas com a mesma cor. O uso desta técnica tem caído praticamente no esquecimento pelo desconforto e cansaço visual que produz. A sua vantagem principal é o baixo custo dos óculos.
- **Imagem polarizada:** introduzida no cinema recentemente pelo sistema RealD, pode utilizar luz polarizada linearmente ou circularmente. A técnica consiste em apresentar as imagens correspondentes a cada olho alternadamente a uma velocidade suficientemente rápida para que não cause desconforto ao espectador. No caso do uso de luz polarizada circularmente, por exemplo, as imagens de cada olho são polarizadas no sentido horário e anti-horário respectivamente. As lentes dos óculos utilizados também são polarizadas, deixando passar um tipo de imagem e ficando escuras quando captam as imagens com polarização contrária. Um dos contras que tem esta tecnologia é a perda de brilho nas imagens reproduzidas. [141]
- **Shutter Glasses:** esta tecnologia é utilizada nos óculos “3D Vision” da NVIDIA (ver Capítulo 2.4.3.2 e Figura 68) e tira partido de lentes compostas por cristais líquidos e filtros polarizados que escurecem quando são sujeitas a uma descarga eléctrica. As imagens referentes a cada olho são retransmitidas alternadamente enquanto um emissor de luz infravermelha envia sinais a um receptor integrado nos óculos: quando os óculos recebem esse sinal escurecem uma lente, quando não o recebem escurecem a outra. Deste modo o utilizador só vê uma imagem com o olho correspondente em cada ciclo. A aplicação desta técnica em computadores pessoais exige monitores com uma taxa de refrescamento de 120Hz ou mais, de modo a não baixar dos 60Hz em

cada olho e prevenir o cansaço visual. Outra desvantagem que apresenta este tipo de sistemas é que, como metade das imagens são bloqueadas, as cores das imagens costumam parecer mais escuras. [142]

- **Head-Mounted Displays:** no caso dos HMDs, como cada olho possui um ecrã exclusivo, é possível apresentar as imagens com a taxa de refrescamento suportada pelos mesmos, sem alterações na cor nem no brilho das imagens. As limitações mais comuns prendem-se com a tecnologia utilizada nos ecrãs, com a resolução suportada, com limitações do campo de visão e com questões de conforto de utilização (ver Capítulo 2.2.1).

4.3 Recursos a Utilizar

De modo a criar o ambiente virtual para este projecto tornou-se necessário utilizar alguns recursos de distribuição livre: modelos, imagens e áudio. O motivo desta escolha foi que a sua criação através de ferramentas específicas implicaria uma quantidade de tempo razoável, e o seu resultado poderia não ter uma qualidade comparável à obtida por profissionais na área ou por pessoas familiarizadas com estas tarefas.

4.3.1 Modelos 3D

Existem vários sites que disponibilizam modelos tridimensionais de objectos de utilização frequente em jogos (como veículos ou mobília), de forma gratuita e com um grau de detalhe muito alto. No entanto, quando se torna necessário obter objectos mais concretos, como foi o caso dos utilizados na aplicação deste projecto, encontrar modelos sem custos pode revelar-se uma tarefa bastante árdua.

Para criar o simulador de bateria, foi definido que seriam necessários dois modelos: um de uma baqueta, que depois seria duplicado e animado, e outro de uma bateria, que seria estático e teria que possuir um nível de detalhe considerável. Este último aspecto era importante porque objectos realistas ajudam a aumentar a sensação de Presença do utilizador no ambiente virtual.

Um dos sites mais populares na distribuição e venda de modelos tridimensionais é “The 3D Studio” [143]. O site disponibiliza também fotos, texturas, tutoriais, ferramentas de desenvolvimento e sons. Alguns destes recursos são gratuitos, como o caso do modelo das baquetas utilizadas no projecto.

Outros sites com modelos, texturas, materiais e outros recursos gratuitos, mas sujeitos a termos de utilização, são “ShareCG” [144], “3D Total” [145] e o blog “Free 3D Models” [146] (que disponibilizou o modelo da bateria para o projecto).

Um aspecto relevante na obtenção de modelos tridimensionais é o formato em que se encontram: muitos deles estão em formatos proprietários como o Autodesk Maya ou o Autodesk 3ds Max, e algumas aplicações não conseguem abrir ou converter os modelos sem se ter instalado o *software* com que foram criados, mesmo pertencendo à mesma companhia (por exemplo, o Maya não abre os modelos do 3ds Max e vice-versa).

Uma alternativa era utilizar modelos do Google SketchUp [147] no XNA Game Studio seguindo o tutorial publicado no blog “Jim 2.0’s Blog” [148], mas o detalhe dos modelos e a qualidade dos materiais e texturas não era adequado para este tipo de projecto.



Figura 78 – Sites “The 3D Studio”, “ShareCG” e “3D Total” [143] [144] [145]

4.3.2 Texturas

Como os modelos tridimensionais obtidos já incluíam as respectivas texturas, as imagens que foi necessário incluir no projecto foram utilizadas para criar a *sky box* (a imagem de fundo que rodeia a bateria). Os requisitos que estas imagens devem ter para poderem ser usadas deste modo são que a sua resolução seja a mais alta possível (de modo a evitar o efeito escada que diminui o realismo do ambiente virtual) e que tenham sido criadas com este propósito: o número de imagens tem que ser seis, as devem ser quadradas e as suas bordas devem dar continuidade umas às outras.

São vários os sites que disponibilizam este tipo de imagens, mas a grande maioria possui uma resolução muito baixa. Aquelas que têm maior resolução costumam descrever o céu ou ambientes naturais. O site que disponibilizou as imagens que mais se adequavam ao ambiente virtual do projecto denomina-se “Humus” e é da autoria de Emil Persson [149]. A resolução das imagens é mais do que suficiente para evitar o efeito escada: 2048 x 2048.

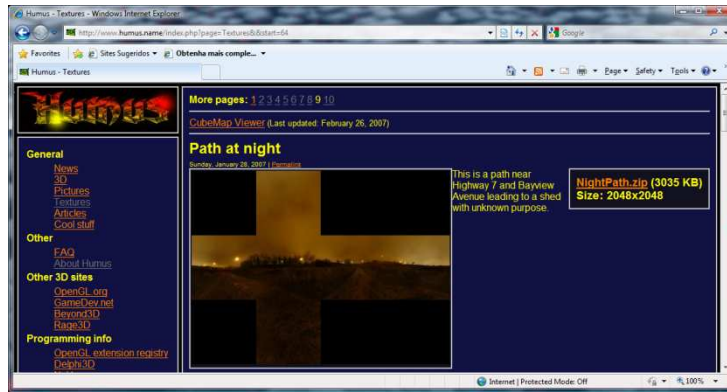


Figura 79 – Site "Humus"

Um utilitário que permite visualizar estas imagens numa *sky box* é disponibilizado no site “oZone3D.Net” e denomina-se “Demoniak3D Demo-System” [150].

4.3.3 Áudio

Em relação aos recursos de áudio, na aplicação era necessário integrar o som real de cada tambor da bateria, bem como uma música que seria utilizada no vídeo de apresentação e duas versões da mesma música, um com bateria e outra sem, destinadas à criação de um tutorial.

Os sons dos tambores foram disponibilizados pelo site “Soundsnap”. Nele é possível descarregar de forma gratuita até três sons por mês, sendo permitido ouvir cada som antes de proceder à sua descarga. Possui um repositório bastante extenso (aproximadamente 100.000 ficheiros) dividido em categorias e os sons têm uma qualidade muito boa, o que não é habitual em ficheiros de distribuição livre. [151]

A música do vídeo de introdução foi criada por Kevin MacLeod e disponibilizada através do seu site “Incompetech”. O seu título é “The Whip” e é totalmente gratuita, podendo ser utilizada inclusive em produtos comerciais. Existem outras músicas disponíveis para descarga sob as mesmas condições, estando elas divididas em categorias e compilações. [152]

Os ficheiros de áudio utilizados na criação do tutorial da aplicação foram descarregados do site “FreeDrumLessons.com”. A música tem o título “Answer” e pertence à banda Blue Rain, com Jared Falk na bateria. Ambas as versões da música são de utilização livre para fins educativos. [153]



Figura 80 – Sites "Soundsnap", "Incompetech" e "FreeDrumLessons.com" [151] [152] [153]

4.4 Desenvolvimento do Protótipo

A criação de um protótipo da aplicação teve como objectivos estabelecer os alicerces da aplicação final e criar uma versão que pudesse ser validada de modo a identificar erros ou melhoramentos.

Após ter sido efectuada a escolha do projecto a desenvolver (ver Capítulo 3.3), e com as ferramentas e alguns dispositivos disponíveis (dois Wii Remotes), o primeiro passo era criar um ambiente virtual com os modelos que iriam ser utilizados.

O primeiro objectivo consistiu na apresentação de uma baqueta que seria animada através do movimento de um Wii Remote.

Após ter convertido o modelo para o formato Autodesk FBX através da ferramenta Softimage XSI Mod Tool 6.01 (ver Capítulo 4.1.2) foi criado o código para ser apresentado numa janela.

Seguidamente foi necessário verificar que a conexão através de *Bluetooth* entre um Wii Remote e o computador ocorria sem problemas, incluir as livrarias do WiimoteLib (inicialmente utilizou-se a versão 1.7) no projecto do XNA Game Studio 3.1 e criar o código fonte necessário para iniciar e libertar o sistema do Wii Remote.

A partir da aplicação WiimoteTest incluída no pacote da livreria WiimoteLib (ver Capítulo 4.1.3) foi analisado o modo como variavam os valores devolvidos pelo acelerómetro conforme as várias rotações do Wiimote. O objectivo era reconhecer que valores eram alterados ao efectuar uma rotação no eixo dos X, num sistema de três eixos em que o eixo Z é o que aponta para cima. O seguinte esquema apresenta esse estudo:

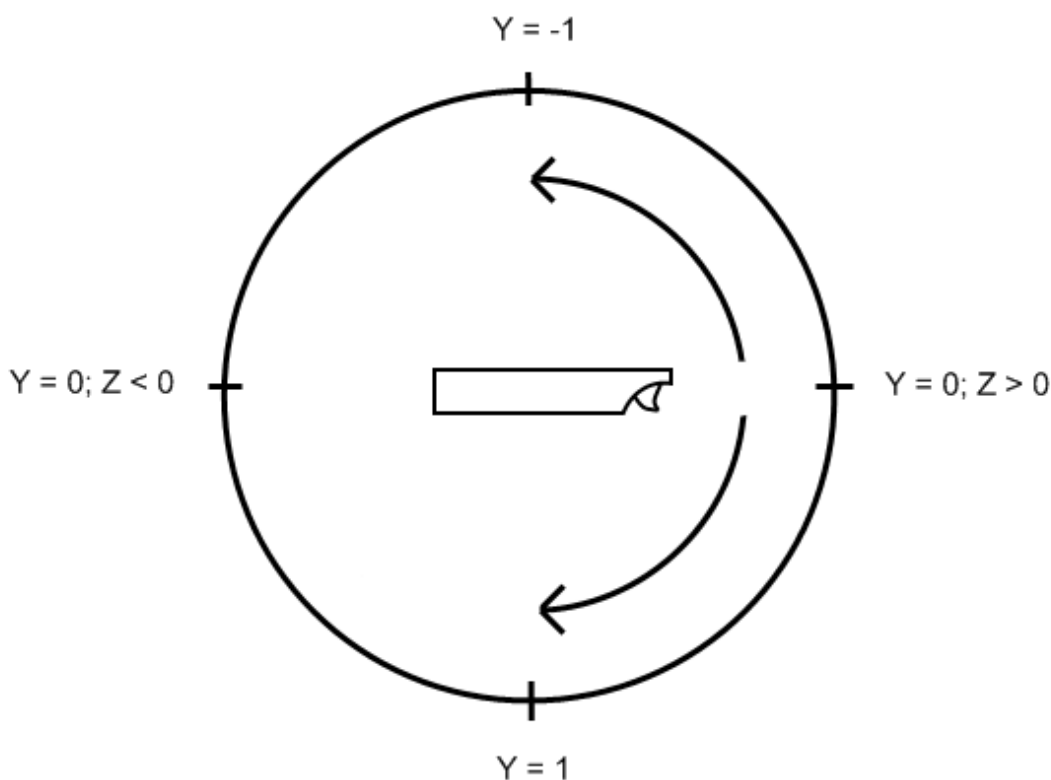


Figura 81 – Variação de valores do Acelerómetro do Wii Remote

Como se pode visualizar na Figura 81, os valores devolvidos pelo parâmetro Y são iguais para o semicírculo frontal e anterior do Wii Remote. Para fazer a sua distinção é necessário utilizar o parâmetro Z, que no semicírculo frontal é positivo e no anterior é negativo.

Com base no tutorial do professor Volkmar Miszalok [134] foi criado o código que faz a rotação do modelo no eixo do X, no entanto foi detectado um problema: ao rodar o modelo conforme as acelerações indicadas pelo Wii Remote este ficava rapidamente dessincronizado com o objecto real. Isto era devido à perda de valores entre os ciclos de actualização do XNA Game Studio. A solução adoptada passa por reiniciar a posição do modelo no início de cada ciclo e criar uma nova animação. Para tal é utilizada uma variável que guarda qual o ângulo da rotação no ciclo anterior: no início de cada ciclo é efectuada uma rotação negativa dessa variável e é aplicada a nova rotação. Este algoritmo é alterado quando o Wii Remote passa de um semicírculo para outro: nestes casos o modelo deve reiniciar a sua posição inicial, rodar π radianos e aplicar a nova rotação. O pseudo-código da animação do modelo é o seguinte:

Y: Valor actual do parâmetro Y

YCache: Valor anterior do parâmetro Y

Z: Valor actual do parâmetro Z

ZCache: Valor anterior do parâmetro Z

(Movimento no semicírculo frontal)

Se ZCache \geq 0 E Z $>$ 0 Então

RodarModelo(ConverteEmRadianos(YCache * 90)

RodarModelo(ConverteEmRadianos(-Y * 90)

FimSe

(Passagem de semicírculo pelo ponto superior)

Se ZCache \geq 0 E Z $<$ 0 Então

RodarModelo(ConverteEmRadianos(YCache * 90)

RodarModelo(Pi)

RodarModelo(-ConverteEmRadianos(-Y * 90)

FimSe

(Movimento no semicírculo anterior)

Se ZCache $<$ 0 E Z $<$ 0 Então

RodarModelo(-ConverteEmRadianos(YCache * 90)

RodarModelo(-ConverteEmRadianos(-Y * 90)

FimSe

(Passagem de semicírculo pelo ponto inferior)

Se ZCache $<$ 0 E Z \geq 0 Então

RodarModelo(-ConverteEmRadianos(Y * 90)

RodarModelo(Pi)

RodarModelo(ConverteEmRadianos(-YCache * 90)

FimSe

Com a animação da baqueta a funcionar correctamente o seguinte objectivo era incluir o modelo da bateria e criar o código que permitisse detectar quando acontecia uma colisão entre os dois modelos.

O modelo da bateria também foi convertido com a ferramenta Softimage XSI Mod Tool 6.01 (ver Capítulo 4.1.2). O seu formato original era o Autocad 3D Studio (.3ds) mas apresentava dois problemas: as normais de alguns objectos não estavam bem orientadas (o que implicava que as suas superfícies não fossem visíveis quando renderizadas pelo XNA Game Studio) e, por motivos desconhecidos, a bateria aparecia horizontalmente invertida (os objectos que deviam estar à esquerda apareciam na direita e vice-versa). Para resolver o problema das

normais utilizou-se um algoritmo que duplicava as normais e as fazia apontar nos dois sentidos. Para resolver o segundo problema, alterou-se a orientação do modelo na horizontal (fez-se um *mirror*).

Com o modelo da bateria a ser renderizado correctamente na aplicação, restava definir as zonas em que as colisões entre os modelos poderiam acontecer. O XNA Game Studio disponibiliza alguns métodos para calcular a colisão entre objectos. Estes métodos são leves em termos de processamento e simples, mas também muito limitados: uma função é utilizada para definir objectos correspondentes a um volume, uma esfera ou um cubo, e outra devolve se dois destes objectos se intersectam. Também existe um método que devolve uma esfera de colisão em função de um modelo tridimensional: a esfera envolve o modelo na sua totalidade. Esta técnica é muito adequada para a criação de aplicações com modelos tridimensionais simples ou em que a precisão das colisões não seja importante, mas para aplicações mais complexas apresenta um problema principal: os objectos que definem cubos para o cálculo de colisões não podem ser rodados. Por outro lado, volumes como cilindros ou cones também seriam muito úteis e um método que permitisse visualizar os objectos de colisão facilitaria imenso a sua implementação.

Tendo em conta estes factores decidiu-se utilizar esferas na ponta das baquetas e em regiões específicas da bateria. Uma classe disponibilizada no tutorial “XNA Collision Detection for 3D models” no site “Sharky’s Blog” [154] permite renderizar estes objectos. Após colocar a baqueta sobre um tambor, criar uma esfera de colisão na ponta da baqueta (que devia ser animada com o seu movimento) e colocar outra esfera na superfície do tambor, verificou-se o funcionamento correcto do mecanismo de detecção de colisões.

Seguidamente deviam-se fazer duas rotinas: uma que impedisse que os dois modelos se intersectassem e outra que reproduzisse um som.

A rotina que impedia a intersecção dos modelos revelou-se difícil de implementar: quando o método que verifica a existência de colisões devolve um valor positivo é necessário suspender a animação, evitando que esta funcione no sentido de cima a baixo mas permitindo que ela seja realizada no sentido contrário. O código utilizado para esta tarefa tem alguma complexidade, pelo que não é apresentado neste documento.

Depois de obter os sons necessários do site “Soundsnap” [151] (ver Capítulo 4.3.3) foi necessário editá-los de modo a que todos tivessem o volume adequado e a que a sua duração fosse a mais curta possível (eliminando troços sem som), permitindo a sua reprodução consecutiva em espaços muito curtos de tempo. A ferramenta utilizada é disponibilizada pela Creative Technology Ltd. nos pacotes de *software* das suas placas de som “Sound Blaster”, e denomina-se “Wave Studio” [155]. A versão utilizada foi a 6.10.13.

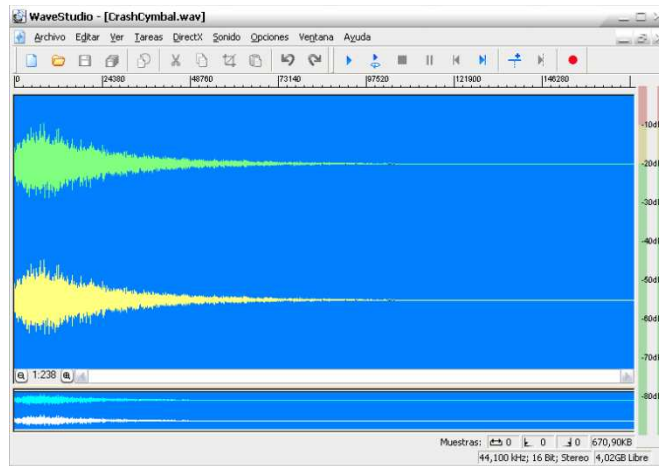


Figura 82 – Wave Studio 6.10.13 da Creative Technology Ltd.

Esta ferramenta tem uma utilização muito simples, pelo que não se considera necessário especificar os passos que foram realizados para execução desta tarefa neste documento.

A seguir incluíram-se os sons no projecto do XNA Game Studio a partir da ferramenta XACT (ver Capítulo 4.1.1), utilizando como base o tutorial disponibilizado por Dan Waters no seu blog sobre Teoria dos Jogos [131]. Os ficheiros de som podiam ter sido incluídos directamente, mas com a criação de um projecto na ferramenta XACT e efectuando a sua ligação ao projecto do XNA Game Studio é possível alterar alguns parâmetros de cada som, como o seu volume ou afinação.

Através de testes das colisões entre a baqueta e o tambor utilizando o sistema de colisões do XNA Game Studio, verificou-se que a sua precisão não era satisfatória (uma vez que a velocidade com que as colisões podiam acontecer era muito elevada) pelo que este sistema foi descartado e foi criado novo código fonte: a detecção de colisões seria realizada em função do ângulo de rotação do Wii Remote em torno do eixo do X.

Um dos grandes problemas encontrados no projecto surgiu ao verificar um comportamento específico do acelerómetro do Wii Remote: o “efeito de mola”. Quando o utilizador rodava o Wii Remote com alguma intensidade para a frente e parava subitamente (movimento parecido àquele que se efectua ao bater com uma baqueta num tambor real), os valores devolvidos pelo Wii Remote correspondiam a um aumento do valor de Y, o que era de esperar, seguido de uma pequena diminuição e um aumento equivalente. Do mesmo modo que existe uma oscilação quando uma mola esticada volta à sua posição inicial, o acelerómetro também regista uma oscilação quando os movimentos são efectuados energeticamente. Quanto maior for a intensidade do movimento do utilizador, maior é a oscilação provocada. Na prática este

efeito implicava que em certas ocasiões o utilizador fizesse o movimento para bater uma vez num tambor e o som fosse reproduzido duas vezes.

Para resolver este problema foram testadas várias soluções, tendo-se adoptado inicialmente, por definir um intervalo de tempo mínimo entre cada reprodução do som. A desvantagem desta técnica era que limitava a fidelidade da simulação (mesmo com intervalos na ordem dos 200 milissegundos o utilizador podiam sentir que algumas colisões não eram detectadas).

Também foi implementada uma câmara semelhante à utilizada nos jogos FPS (First Person Shooter). O seu objectivo era permitir a utilização o utilitário para mover o cursor do rato com os movimentos da cabeça incluído no pacote de *software* do HMD (que na altura ainda não estava disponível) em paralelo com a aplicação. Para tal foi utilizado o tutorial “XNA First Person Camera Tutorial” disponibilizado no site “XNA Fusion” [156].

Seguidamente o código fonte da aplicação foi alterado de modo a poder suportar dois Wii Remotes em simultâneo: como a linguagem de programação utilizada era orientada a objectos, a criação das classes e métodos para renderizar os modelos, fazer a detecção de colisões e interpretar os dados recebidos dos Wii Remotes facilitou esta tarefa.

Como o Subsonic Wireless Sensor Bar ainda não estava disponível, inicialmente foram utilizadas duas velas [157]. Foi implementado o código que permitia mover o modelo da baqueta para frente ou para trás, no entanto surgiram vários problemas quando se pretendia fazer o seu movimento lateral: como o acelerómetro não devolve valores quando o Wii Remote roda em torno do eixo Z, num sistema de três eixos em que este é o eixo que aponta para cima, um deslocamento lateral do Wii Remote não pode ser diferenciado, num determinado instante, de uma rotação neste eixo (ver Capítulo 4.2.1). Do mesmo modo, quando o Wii Remote gira neste eixo os dois pontos de luz detectados aproximam-se, o que não pode ser diferenciado, num momento específico, de um deslocamento do Wii Remote para trás. Para fins de prototipagem este código fonte foi retirado.

Finalmente, foi adicionado um ficheiro XML em que podiam ser configurados vários parâmetros da aplicação, como a resolução utilizada, se a aplicação era apresentada em tela cheia ou numa janela, a distância de desenho dos objectos ou se os Wii Remotes estavam conectados, por exemplo. O formato do ficheiro foi escolhido pelo modo como ficam organizadas as variáveis e os seus valores (em estrutura de árvore) e por ser facilmente alterado pelo utilizador, bastando para tal o uso de um editor de texto habitual. A sua forma final é apresentada no Anexo B.

A aplicação recebeu o nome de “Air Drum”, numa referência à forma de dança conhecida por “Air Guitar” e que consiste na simulação, de um modo exagerado, do modo como é tocada

uma guitarra na música rock [158]. De uma forma parecida nesta aplicação o utilizador toca uma bateria que não é real, executando os gestos no ar.



Figura 83 - Protótipo da aplicação do projecto: Air Drum

4.5 Teste do Protótipo

O teste do protótipo foi feito por companheiros de curso e pelo orientador da tese de mestrado. As reacções foram positivas, destacando como principal alvo de melhoramento o sistema de controlo da aplicação. Foram discutidos os motivos pelos que não era possível deslocar o Wii Remote pelo ambiente virtual com liberdade (ver capítulo anterior) e entre as várias alternativas que surgiram, foi escolhida a opção de utilizar o Wii Remote como apontador: cada vez que o utilizador apontasse para um tambor o modelo da baqueta deslocar-se-ia para uma posição pré-definida em relação a esse tambor. O mapeamento de um para um ficaria em aberto até que fosse disponibilizada uma versão da livraria WiimoteLib que suportasse completamente o Wii MotionPlus. Outro aspecto que ficou pendente para melhoramento foi a precisão com que a reprodução dos sons era efectuada: em algumas ocasiões ocorria uma dessincronização entre as colisões das baquetas com os tambores e a reprodução do som correspondente, o que prejudicava bastante a sensação de Presença do utilizador. Finalmente foi corroborada a necessidade de criar um objectivo (um tutorial ou jogo) que aumentasse o envolvimento do utilizador com o ambiente virtual.

4.6 Aplicação Final

Na segunda fase do desenvolvimento da aplicação para este projecto, foram disponibilizados os dispositivos em falta: o Wii Balance Board, o Subsonic Wireless Sensor Bar, um Wii MotionPlus e o Z800 3D Visor da eMagin.

Com o Subsonic Wireless Sensor Bar disponível o primeiro passo foi criar o processo de deslocação das baquetas pelos tambores da bateria. A primeira abordagem consistia em calcular a posição ponto médio do par de pontos de luz infravermelha detectados e utilizar este valor para determinar o local para onde o Wii Remote estava a apontar. Dividindo a largura do ecrã em seis intervalos (o número de tambores que podem ser tocados com as baquetas no modelo tridimensional utilizado) a sua posição alterarse-ia automaticamente com a rotação do Wii Remote. Após ter sido implementada, esta técnica não se revelou muito eficaz: ao rodar o Wii Remote para a frente de modo a tocar num tambor a baqueta mudava frequentemente de tambor (o ângulo de recepção da câmara do Wii Remote é de aproximadamente 45° unicamente) e o cálculo com que se faziam as posições mais extremas (que implicavam a detecção de um só ponto de luz) resultava frequentemente em erros. A solução adoptada consistiu em utilizar um único ponto de luz (tapa-se o outro no Wireless Subsonic Wireless Sensor Bar) e em renderizar símbolos visuais que indicassem ao utilizador para onde estava a apontar com os Wii Remotes. Quando este pretende mudar de tambor pulsa o botão B do Wii Remote e é efectuada a transição. Desta forma torna-se possível estar a tocar um tambor enquanto se esta a apontar para outra posição: diminui o realismo do interface mas aumenta o seu conforto de utilização. Este modo pode ser desactivado, alterando-se para a deslocação automática, através do ficheiro de configuração.

A versão da livraria WiimoteLib foi alterada da versão 1.7 para a 1.8 Beta de modo a testar a sua compatibilidade com o Wii MotionPlus. Como mencionado anteriormente este devolve alguns valores, mas estes não estão calibrados e ainda não foi interpretado o seu funcionamento. Até a data da criação deste documento (Outubro de 2009) ainda não apareceu nenhuma versão da livraria que suporte completamente o Wii MotionPlus.

Com a importação desta nova versão da livraria WiimoteLib foi detectado, posteriormente, que esta continha um erro que impedia que o processo de libertação dos recursos reservados para os Wii Remote e a Wii Balance Board ocorresse normalmente, devolvendo uma excepção que não era possível tratar. Na prática, este erro ocorria de modo inconstante e implicava a impossibilidade de reiniciar a aplicação num determinado intervalo de tempo. Um modo de ultrapassar este erro é reiniciando a conexão por *Bluetooth* entre os dispositivos da consola Nintendo Wii e o computador. Como o erro foi detectado numa fase avançada do projecto este não foi corrigido devidamente. Para desenvolvimentos futuros fica a tarefa de

substituir esta versão da livraria pela versão 1.7 novamente (mais estável) ou por uma nova versão que seja lançada entretanto.

Foi adicionada a funcionalidade de o Wii Remote vibrar quando era detectada uma colisão com um tambor, no entanto esta foi removida porque a sensação não era realista: o motor demora algum tempo a ganhar velocidade para fazer o controlador vibrar e, como o intervalo de tempo entre colisões pode rondar menos de 200 milissegundos, a resposta torna-se não efectiva. Esta funcionalidade também causava interferências na recepção dos dados do acelerómetro, o que dessincronizava os movimentos com a orientação do modelo da baqueta.

O mecanismo para contrariar o “efeito de mola” verificado pelo acelerómetro dos Wii Remotes foi alterado através da criação de um intervalo de ângulos em que o tambor não reproduzia o som mais de uma vez: ao atingir o ângulo de colisão, o som é reproduzido e é activada uma variável que impede uma nova reprodução até que o Wii Remote não tenha diminuído o seu ângulo um número determinado de graus. Isto obriga o utilizador a efectuar um novo movimento de ascensão de descensão de modo a reproduzir o som do tambor novamente.

Na versão final da aplicação também foi adicionado som posicional. O modo como é implementado através do XNA Game Studio é bastante simples: basicamente é utilizado um método que recebe os parâmetros da câmara actual, o som a reproduzir e a localização no espaço da fonte do som. Com base nestes dados a plataforma calcula qual o volume com que deve ser reproduzido o som nos canais esquerdo e direito.

Estava planeado variar o volume (e eventualmente a afinação) dos sons em função da velocidade com que o utilizador agitasse o Wii Remote, de modo a simular o efeito da força com que é embatido cada tambor pela baqueta, mas como o efeito posicional altera este parâmetro, a inclusão desta funcionalidade ficou descartada.

A introdução do Wii Balance Board no interface da aplicação foi relativamente simples quando comparada com a dos Wii Remotes. A sua iniciação e libertação são praticamente idênticas. Com este dispositivo só é necessário especificar que se trata de uma extensão do tipo “BalanceBoard”: uma vez feito isto é possível aceder às suas propriedades específicas (ver Capítulo 4.2.2). Foram desenvolvidos vários modos para que o utilizador use este dispositivo: com toda a superfície do pé na plataforma ou apenas a ponta, e com o sensor da batida na parte frontal ou anterior. A sensibilidade com que é detectada cada batida (força que é necessário aplicar) é configurável via ficheiro de configuração ou através de um modo especial da aplicação. A inclusão desta funcionalidade revelou-se bastante importante: nas sessões de teste com os utilizadores tornou-se frequente ter que personalizar a sensibilidade do dispositivo.

De modo a melhorar a apresentação e aumentar as sensações de Imersão e Presença do utilizador foi implementada uma *skybox* em redor dos modelos, tendo como base o Capítulo 2-8 do livro “XNA 3.0 Game Programming Recipes” [159]. Uma *skybox* é, de um modo genérico, um cubo renderizado à volta da câmara do utilizador com as texturas na região interior. O centro do cubo é a câmara do utilizador para evitar que este, ao deslocar-se, se aproxime das texturas eliminando a sensação de distância. O modo como o cubo é renderizado utiliza efeitos específicos para que as arestas do mesmo não sejam visíveis.

O fundo ideal para este ambiente virtual seria um palco ou um estúdio de som, mas após uma pesquisa bastante extensa não foi possível encontrar texturas gratuitas que correspondessem a estes cenários. Optou-se, finalmente, por uma textura de alta resolução que ilustra um pátio do Castelo Real de Estocolmo, porque a sensação de distância que proporcionam as suas fotografias é bastante satisfatória. O autor da mesma é Emil Persson e a sua distribuição é realizada no site “Humus” [149].

Incorporar o Z800 3D Visor da eMagin na aplicação não se revelou tão simples como parecia antes da sua aquisição: os *drivers* da NVIDIA com que o HMD reproduzia imagem estereoscópica sem necessidade de criar código fonte específico não eram compatíveis com o *hardware* em que a aplicação seria desenvolvida e testada. Foi necessário utilizar uns *drivers* desenvolvidos por terceiros e de distribuição comercial: os iZ3D da iZ3D Inc. (ver Capítulo 4.2.3). O processo de instalação envolveu:

- Instalar unicamente os *drivers* de sistema disponibilizados no pacote de *software* do Z800 3D Visor;
- Instalar a aplicação LabTool disponibilizada no site da eMagin;
- Instalar os *drivers* iZ3D (que incluem uma aplicação de configuração);
- Configurar as definições de ambos os *drivers*.

Para aumentar a sensação de Presença do utilizador na aplicação desenvolveram-se dois modos de interacção na aplicação.

O modo “Jogo 1” é parecido com o jogo Guitar Hero da Activision [113]: são apresentadas quatro barras, que correspondem às mãos e pés do utilizador, e que se deslocam da direita para a esquerda a uma velocidade constante até chegar a uma zona definida por uma linha vertical. Nas quatro barras aparecem símbolos: nas barras dos pés os símbolos são sempre os mesmos, nas das mãos aparecem números de 1 a 6 que representam os tambores da bateria a começar pelo que se encontra no extremo esquerdo. Quando estes símbolos atingem a zona da linha vertical o utilizador deve activar o pedal ou bater no tambor correspondente com a mão certa. Quando o utilizador faz esta acção aparece um indicador visual a informar se o fez bem

ou se cometeu um erro. No caso de o utilizador não fazer nada também conta como um erro. No final das barras são comparados o número de acertos que o utilizador efectuou com o número de acertos possível, se a sua diferença não for superior ao número de erros máximo um novo grupo de quatro barras é apresentado, senão o mesmo grupo é iniciado novamente.

O modo como funciona este modo pode ser alterado no ficheiro de configuração, permitindo definir a velocidade a que as barras se deslocam, se o grupo deve ser reiniciado imediatamente quando o jogador atinge o número máximo de erros ou deve continuar até o fim da série, o número máximo de erros para mudar de série, activar ou desactivar um metrónomo que indica o ritmo a que as barras se deslocam e quantos toques deve dar o metrónomo no início de cada série.

Este modo foi desenhado de modo a facilitar a criação e edição das séries que são apresentadas nas barras. Para tal utiliza-se um ficheiro de texto (com o nome *AirDrumGame.txt*) que tem a seguinte estrutura:

```

24
-----
-----
-----1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1---
-----2---2---2---2---2---2---2---2---2---
(...)
32
-----B---B---B---B---B---B---B---B-----
-----H---H---H---H---H---H---H---H-----
-----1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1---
-----2---2---2---2---2---2---2---2---2---
END

```

A primeira linha apresenta um número, que corresponde ao número de acertos que o utilizador deve efectuar para mudar de série (corresponde ao número de “notas” que a série possui). As quatro linhas seguintes representam uma série: a primeira linha representa o pedal direito, a segunda o pedal esquerdo, a terceira a mão direita e a quarta a mão esquerda. Os símbolos apresentados podem ser:

- “-“: um espaço em branco em que o utilizador não deve fazer nada com o pedal ou mão correspondente;
- “B”: só no pedal direito, corresponde a uma pulsação no pedal direito (“Bass”);
- “H”: só no pedal esquerdo, corresponde a uma pulsação no pedal esquerdo (“Hi Hat”);

- “1” a “6”: nas duas mãos, correspondem uma pulsação num tambor da bateria (o 1 corresponde ao tambor situado mais à esquerda, o “Hi Hat”, o 6 corresponde ao tambor situado mais à direita, o “Floor Tom”).

Cada carácter nestas linhas corresponde a uma unidade de tempo do intervalo especificado no ficheiro de configuração (por omissão são 300 milissegundos). Em cada intervalo de tempo a barra avança um carácter.

Esta estrutura de cinco linhas repete-se para cada série, até atingir a palavra “END” que indica o fim do ficheiro ou do jogo, caso o jogador complete todas as séries.

O número de séries que o ficheiro contém não está limitado, bem como a duração das mesmas (a única restrição existente é que todas as barras de uma série devem possuir o mesmo número de caracteres). Uma vez instalada a aplicação, o utilizador pode editar facilmente este ficheiro através de um editor de texto comum.

A implementação deste modo foi realizada com recurso a contadores, temporizadores e trabalhando directamente com as linhas de caracteres lidas do ficheiro: uma função faz uma conversão dos caracteres, que são apresentados ao utilizador através de uma fonte de texto que contém símbolos (a “Wingdings2”).

Uma das sugestões dos primeiros utilizadores da aplicação foi a de incluir-se uma música de fundo para este modo. Após uma pesquisa extensiva não foi possível encontrar nenhuma música gratuita que possui-se uma partitura de bateria e em que não se ouvisse este instrumento. O recurso mais próximo encontrado é disponibilizado no site “FreeDrumLessons.com” [153] (ver Capítulo 4.3.3). Nele encontram-se diversos vídeos com músicas que são tocados por várias bandas. É possível descarregar ficheiros de áudio das mesmas músicas em que não é tocada a bateria, permitindo que o ouvinte possa emular o instrumentista da bateria da banda original ou improvisar os seus próprios ritmos. O único senão é a partitura da música original não ser apresentada. Devido a esta limitação foi implementado o modo “Jogo 2”, em que o utilizador pode ouvir uma destas músicas com ou sem bateria, tentando aprender o ritmo da música “de ouvido” ou improvisando.

Para finalizar foi adicionado um vídeo que é reproduzido quando a aplicação é iniciada. Na sua concepção foi utilizada a versão 1.9D da ferramenta FRAPS da Beepa Pty Ltd. [160], de distribuição gratuita, para gravar alguns vídeos da aplicação a funcionar em tempo real. Para a componente áudio do vídeo foi utilizada a canção “The Whip” de Kevin MacLeod [152] (ver Capítulo 4.3.3). Para a união e corte dos vídeos recolhidos com a ferramenta FRAPS, adição de áudio, adição de títulos e codificação do ficheiro final usou-se a versão *trial* (de

distribuição gratuita) da aplicação Adobe Premiere CS3 [161]. Para que o formato do vídeo fosse compatível com o XNA Game Studio 3.1 tiveram que respeitar-se as seguintes condições [162]:

- Não pode ter activado o serviço de Digital Rights Management;
- Tem que estar codificado segundo o perfil WMV-9 utilizando o standard VC-1;
- Tem que possuir uma faixa de áudio;
- O áudio tem que estar codificado segundo o perfil WMA (Windows Media Audio), com o formato CBR de uma única passagem;
- A taxa de reprodução de frames deve ajustar-se aos máximos definidos pelo XNA Game Studio (até 20 Mbps).

O Visual Studio 2008 possui a possibilidade de criar um arquivo de instalação da aplicação de um modo muito simples através de um *wizard*. O ficheiro criado permite instalar e desinstalar a aplicação em qualquer computador, criando um atalho na barra “Iniciar”. A aplicação requer, no entanto, que o sistema possua alguns pré-requisitos instalados [163]:

- O “.NET Framework 3.5 Redistributable”;
- O “XNA Framework Redistributable 3.1”;
- O “DirectX 9.0c Redistributable”.

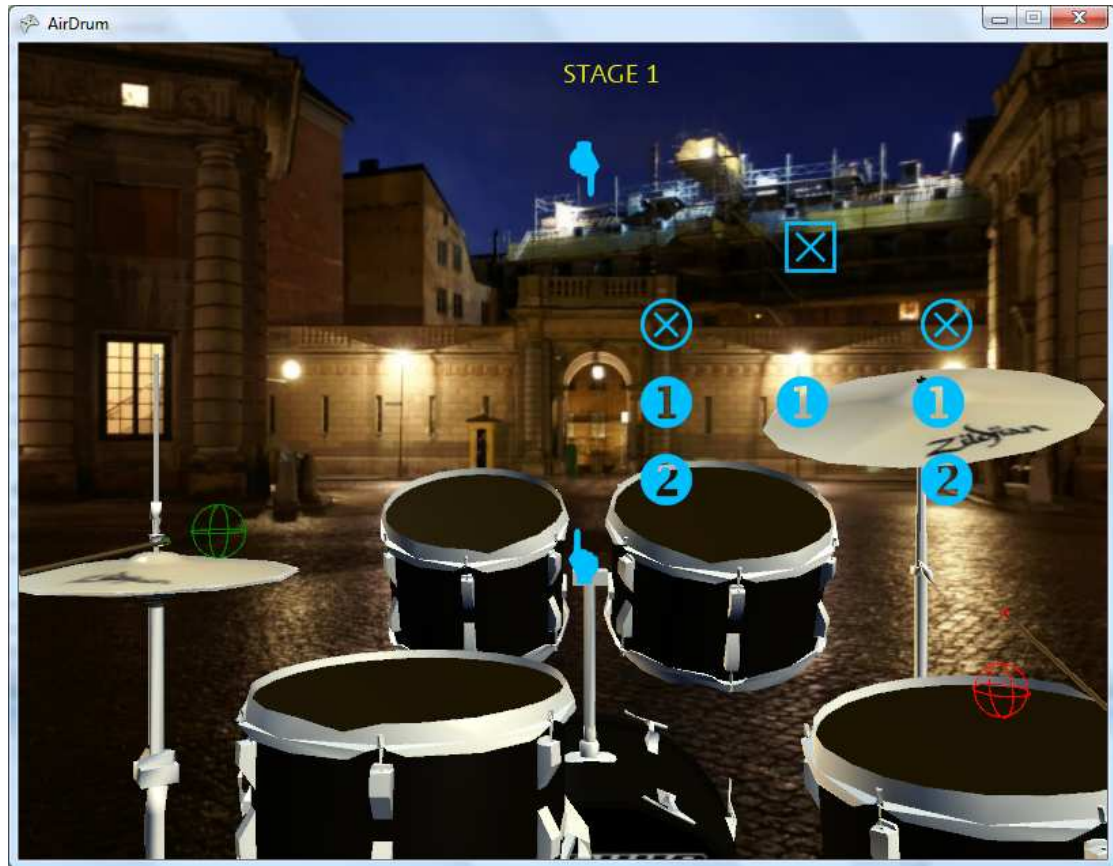


Figura 84 – Versão final da aplicação do projecto: Air Drum

5 Avaliação do Projecto

Neste capítulo é apresentado o processo com que se efectuou a avaliação do projecto: desde as primeiras críticas recebidas pelo orientador e os colegas de curso às sessões de teste da aplicação por parte dos alunos, culminando na exposição dos resultados obtidos.

5.1 Primeiras Críticas

As primeiras críticas da aplicação foram efectuadas por companheiros de curso e pelo orientador da tese de mestrado na fase final do seu desenvolvimento. No geral foram bastante positivas e supuseram uma grande ajuda na detecção de alguns erros da aplicação e na identificação de possíveis melhoramentos. Também graças a estas avaliações foi possível verificar que aspectos da aplicação eram mais complicados de perceber pelos utilizadores e que dispositivos apresentavam uma maior dificuldade de manuseamento.

Algumas das observações resultantes destas avaliações foram:

- As pessoas que nunca tinham jogado o jogo “Guitar Hero” da Activision [114] ou que não conheciam a sua mecânica tiveram algumas dificuldades em perceber o funcionamento do modo “Jogo 1” da aplicação;
- O dispositivo cuja utilização levantava mais dificuldades era o Wii Balance Board: este tinha que ser configurado para cada utilizador frequentemente e o uso do pé esquerdo representava um inconveniente para alguns jogadores;
- Num caso concreto o utilizador sentiu um grande desconforto ao utilizar o HMD (não conseguia ter a percepção de visão estereoscópica) mesmo após ter sido utilizado sem problemas por outros utilizadores na mesma sessão;
- Os melhoramentos mais sugeridos foram a inclusão de uma música de fundo no modo “Jogo 1” e o aperfeiçoamento das colisões entre as baquetas e os tambores.

5.2 Avaliação dos Alunos

Inicialmente foi planeado que o grupo de alunos que iria avaliar a aplicação deste projecto seria composto por uma turma do ensino secundário, mais concretamente do 12º ano. Por dificuldades logísticas os utilizadores que iriam testar a aplicação tiveram que ser alterados para dois grupos de alunos do 1º ano do curso de Engenharia Informática do ISEP. Apesar de não ser o público-alvo que contemplava este projecto, são alunos que escolheram este curso e

esta instituição poucos meses antes dos testes, pelo que ainda tinham bem presente quais foram os aspectos que mais os motivaram para esta escolha.

Os dois grupos de alunos pertenciam a duas turmas diferentes, e as sessões de avaliação da aplicação foram efectuadas com a ajuda do Professor Álvaro Teixeira e a Eng.^a Bertil Marques, que cederam trinta minutos das suas aulas para o efeito. O orientador da tese de mestrado, o Professor Doutor Carlos Vaz de Carvalho, foi o responsável pela organização destes eventos. Nestas circunstâncias surgiu uma condicionante na realização das experiências: o tempo que cada aluno teria para interagir com o ambiente virtual era muito reduzido. Tendo em conta que a utilização dos dispositivos de interacção (principalmente dos Wii Remote e a Wii Balance Board) tinha requerido um período de habituação que rondava um quarto de hora em experiências realizadas anteriormente por colegas de curso, este facto poderia supor um revés na impressão que os alunos poderiam ter da aplicação. Outro entrave era constituído pelo modo “Jogo 1” da aplicação, que apesar de ser o que criava uma maior sensação de Presença no utilizador, também requeria algum tempo de aprendizagem. O número total de alunos que avaliaram a aplicação foi catorze.



Figura 85 – Avaliação da aplicação Air Drum

Para a avaliação da aplicação por parte dos alunos foi criado um questionário para preenchimento após o teste. Um dos objectivos que guiaram a sua construção foi que fosse curto e de resposta fácil de modo a não aborrecer os alunos (o que poderia implicar a omissão de algumas respostas). Com base neste princípio foi construído um formulário com nove perguntas de escolha múltipla, que abrangem aspectos como a opinião do aluno sobre a

aplicação e a importância que dá a este tipo de tecnologias na evolução da informática. Estas questões, bem como a análise dos seus resultados, são apresentadas no seguinte capítulo.

5.3 Resultados

As figuras seguintes apresentam cada uma das perguntas do questionário, bem como os resultados recolhidos do grupo de catorze alunos que avaliou a aplicação. Após cada questão é realizado um pequeno comentário sobre os resultados obtidos.

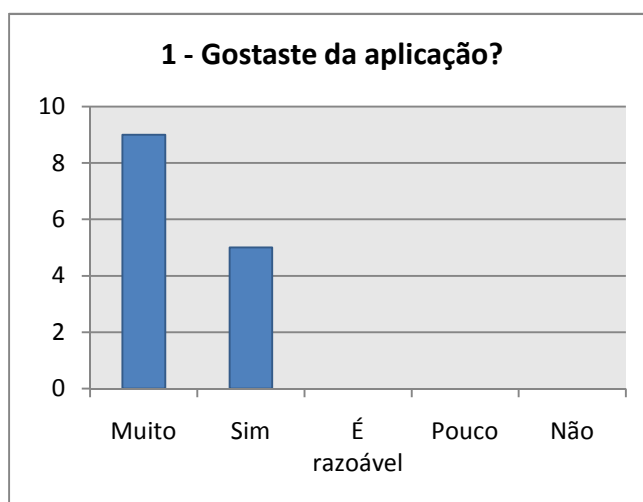


Figura 86 – Resultados da pergunta 1 do Questionário de Avaliação

A primeira questão pretende obter uma avaliação geral da aplicação por parte do aluno. Os resultados reflectem que, apesar do pouco tempo disponível para que cada aluno testasse a aplicação, a impressão geral deles foi muito positiva, com cinco alunos que gostaram da aplicação e nove que gostaram muito.

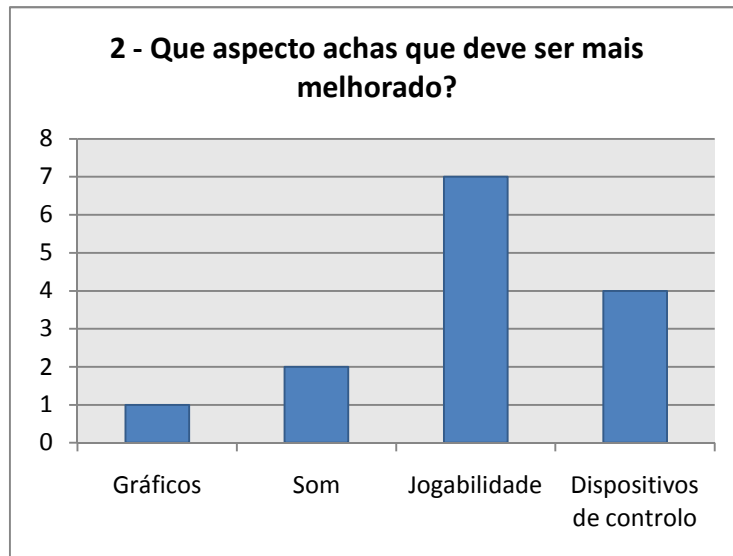


Figura 87 – Resultados da pergunta 2 do Questionário de Avaliação

Esta pergunta tem como objectivo identificar qual o aspecto que os alunos consideram com maior necessidade de melhoramento. Os resultados são variados, mas incidem principalmente na jogabilidade (eficácia com que a aplicação interage com o utilizador) e os dispositivos de controlo (possibilidade de ser utilizados outros dispositivos ou forma como são utilizados na aplicação). Estes resultados correspondem às limitações de tempo impostas sessões de avaliação, que impediam que os alunos se habituassem ao uso efectivo dos dispositivos, e às expectativas dos mesmos de verificar um mapeamento de um para um entre a posição e orientação dos Wii Remote com os modelos das baquetas presentes na aplicação.

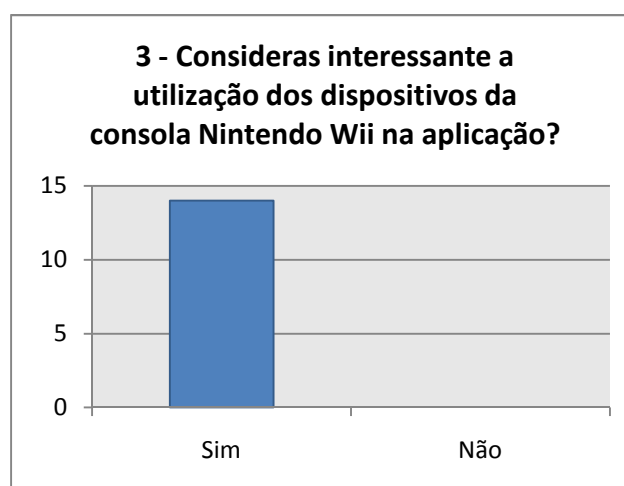


Figura 88 – Resultados da pergunta 3 do Questionário de Avaliação

A terceira pergunta tem como objectivo determinar se os dispositivos de controlo utilizados na aplicação despertavam o interesse dos alunos. Os resultados obtidos indicam que todos os alunos se sentiram interessados pela utilização dos periféricos da consola Nintendo Wii (Wii Remote e Wii Balance Board).

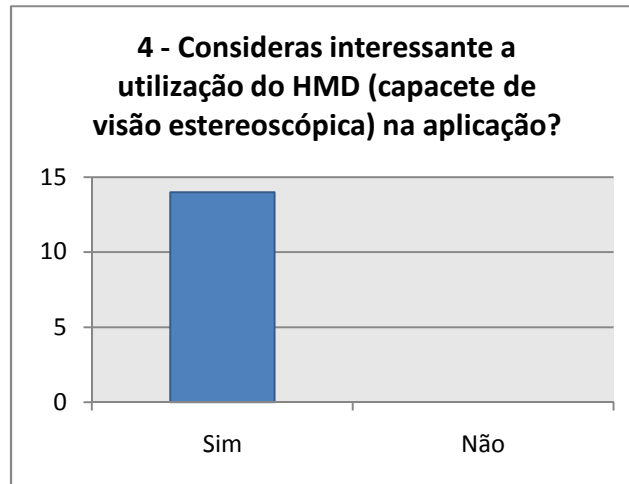


Figura 89 – Resultados da pergunta 4 do Questionário de Avaliação

Esta pergunta pretendia obter a opinião dos alunos sobre a utilização do HMD como forma de apresentação do ambiente virtual através de imagem estereoscópica. Todos eles apresentaram interesse no seu uso no contexto da aplicação.

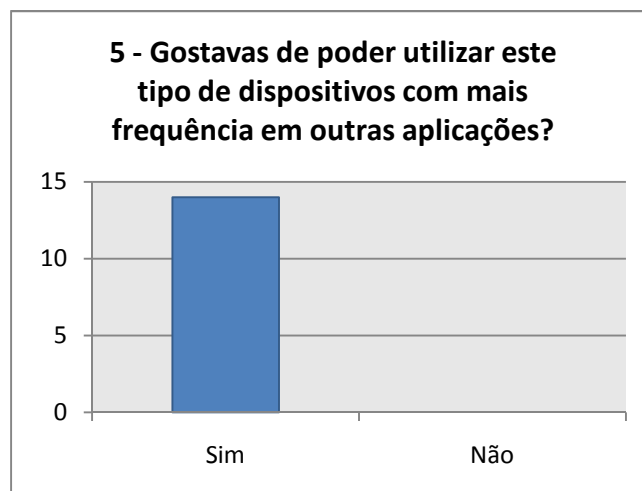


Figura 90 – Resultados da pergunta 5 do Questionário de Avaliação

Através desta questão pretende-se determinar o factor de atracção que os dispositivos utilizados representam para os alunos e o seu interesse em que a sua utilização se estenda a outras aplicações. Todos os alunos apresentaram interesse.

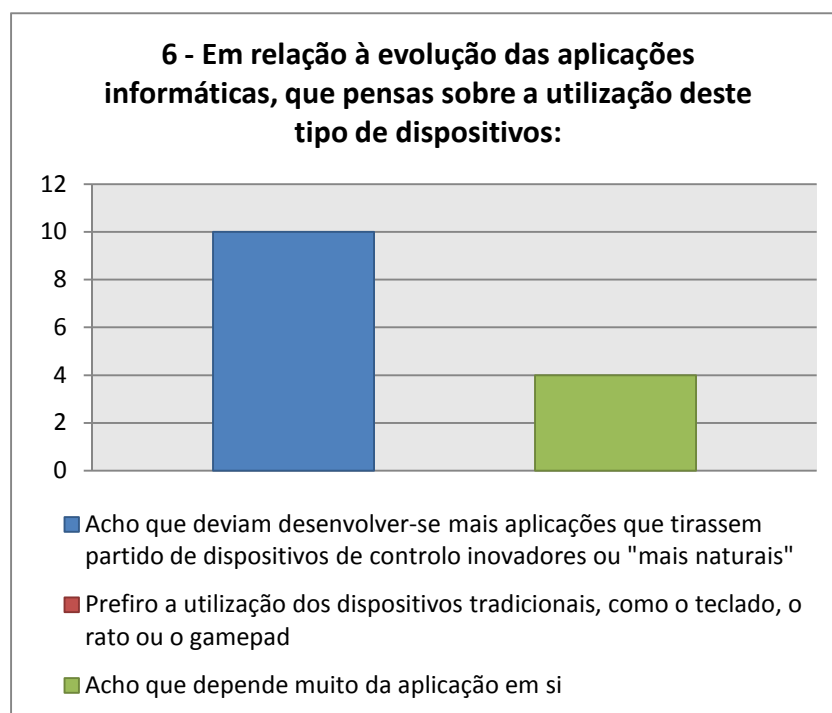


Figura 91 – Resultados da pergunta 6 do Questionário de Avaliação

A pergunta número seis afasta o foco de interesse da aplicação avaliada e questiona o aluno sobre qual a sua posição em relação à utilização de dispositivos de interface com o utilizador inovadores ou “mais naturais” em aplicações futuras. São dadas três respostas possíveis que correspondem a uma opinião a favor do uso destas tecnologias em todas as aplicações, uma opinião a favor dos dispositivos tradicionais e uma opinião mais neutra em que a utilização destes dispositivos deve ter em conta a aplicação em que são utilizados. A tendência maioritária dos alunos é a que promove a criação de aplicações com dispositivos inovadores. A percentagem restante defende a posição neutra, não existindo nenhum aluno que prefira a utilização exclusiva de dispositivos tradicionais.

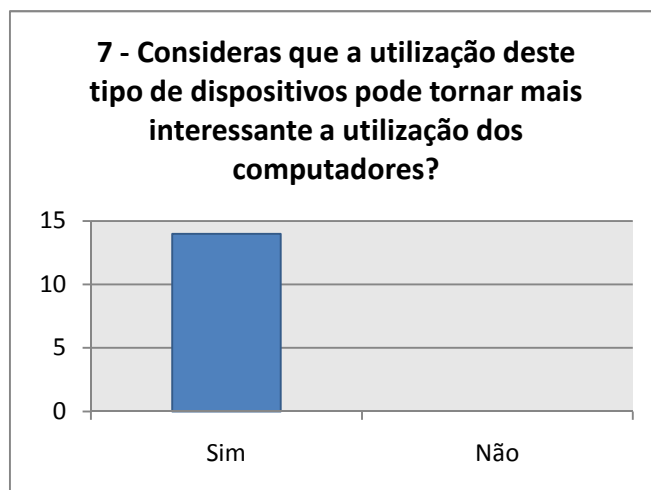


Figura 92 – Resultados da pergunta 7 do Questionário de Avaliação

Através desta pergunta pretende-se determinar se os alunos opinam que a utilização de dispositivos inovadores pode acrescentar interesse à utilização do computador pessoal. O resultado revela que todos os alunos consideram este factor importante no uso destes sistemas.

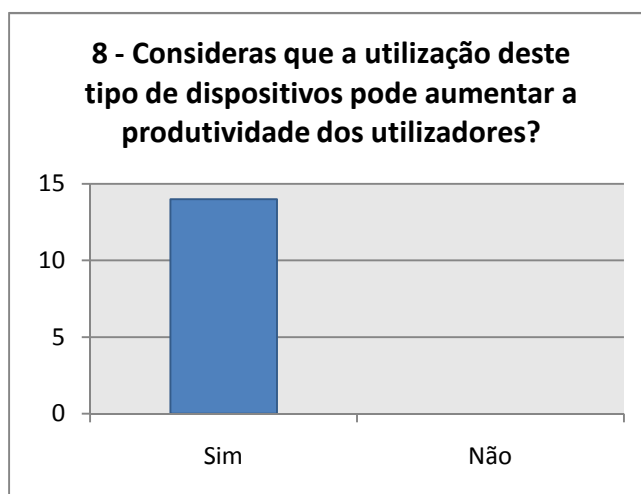


Figura 93 – Resultados da pergunta 8 do Questionário de Avaliação

A oitava pergunta questiona os alunos sobre a relação entre a utilização destes dispositivos e a produtividade dos utilizadores de sistemas informáticos. Os resultados foram unânimes: todos os alunos consideram que o seu uso pode aumentar o rendimento dos utilizadores.

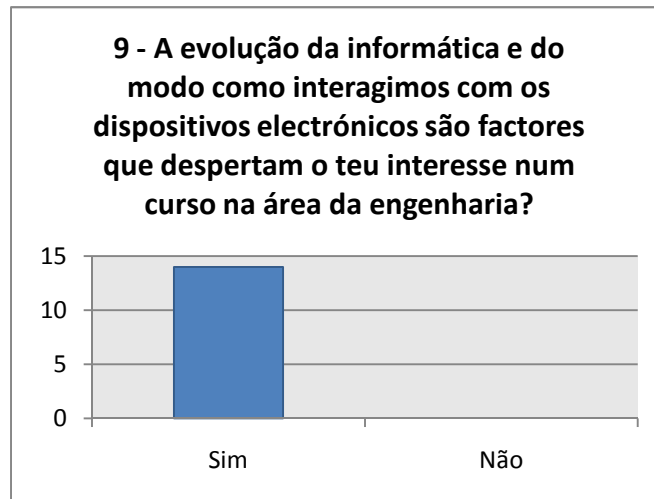


Figura 94 – Resultados da pergunta 9 do Questionário de Avaliação

Finalmente, esta pergunta incide directamente sobre o assunto deste projecto: inquire o aluno sobre se a evolução dos dispositivos de interface dos dispositivos electrónicos (computadores, telemóveis e PDAs – Personal Digital Assistant, entre outros) teve alguma repercussão na sua escolha do curso de Engenharia Informática. Todos os alunos afirmaram que, em maior ou menor medida, a evolução a que se tem assistido nos últimos anos na forma como interagimos com os sistemas electrónicos os tem motivado na escolha do curso que frequentam.

6 Conclusões

Em função do trabalho de investigação realizado, dos resultados obtidos nos questionários preenchidos pelos alunos, das observações que foram efectuadas durante as sessões de avaliação e das conversas que foram estabelecidas com eles, é possível responder às questões de investigação que foram levantadas no início deste projecto:

Já foi desenvolvido algum projecto com o mesmo objectivo ou similar?

Já foram desenvolvidos vários projectos similares, mas não foi possível encontrar exemplos de aplicações que, utilizando ambientes virtuais, cruzassem o contexto educativo com a simulação de instrumentos musicais.

Que características tornam as aplicações mais atractivas para os alunos do ensino secundário?

A componente inovadora e o aspecto lúdico da aplicação possuem uma importância muito relevante quando se pretende aumentar a motivação dos alunos desta faixa etária. O carácter educativo também é um factor importante, mas a capacidade de surpreender o aluno e envolvê-lo no funcionamento da aplicação têm um papel preponderante no aumento do seu interesse pelas tecnologias utilizadas e, em consequência, pelos cursos do ensino superior que as utilizam e desenvolvem.

Que dispositivos de interface para ambientes virtuais se encontram actualmente no mercado?

A análise efectuada no Capítulo 2.2 apresenta uma amostra da variedade de dispositivos adequados à criação de ambientes virtuais que se encontram disponíveis no mercado actualmente: HMDs (Capítulo 2.2.1), CAVEs (Capítulo 2.2.2), Wired Gloves (Capítulo 2.2.3), Sensores de Movimento (Capítulo 2.2.4) e os periféricos da consola Nintendo Wii (Capítulo 2.2.5) são alguns exemplos. Também foram apresentados dois dispositivos que serão lançados futuramente (Capítulos 2.2.6 e 2.2.7) que demonstram o interesse da indústria na criação deste tipo de dispositivos e sugerem possíveis alternativas de desenvolvimento da aplicação no futuro.

Qual é a aplicabilidade de tais dispositivos nos diferentes tipos de ambiente virtual?

No Capítulo 2.4 foram exibidos vários exemplos da utilização de ambientes virtuais em áreas muito diferentes. A aplicabilidade dos dispositivos a cada ambiente virtual depende daquilo que o ambiente virtual simula (dispositivos específicos como instrumentos de cirurgia ou o *cockpit* de um veículo, p. e.), do grau de imersão do utilizador desejado (relevante para o tratamento de fobias, p. e.) e do capital que se pretende investir no sistema (importante em algumas aplicações educativas, p. e.).

Que ferramentas (software) para a criação de ambientes virtuais existem na actualidade?

Um listagem de várias ferramentas para a criação de ambientes virtuais pode ser consultada no Capítulo 2.3. As possibilidades são muito variadas: a sua escolha pode depender do capital que se esteja disposto a investir no projecto, do nível de experiência que se possui na utilização de determinadas ferramentas, das funcionalidades que se pretendem implementar e do grau de realismo com que se pretende simular o ambiente. Exemplos concretos da escolha e utilização de ferramentas são apresentados no Capítulo 4, onde é exposto o processo de implementação do projecto.

A realização deste projecto permitiu, em conclusão, responder à questão principal que motivou a sua realização:

Através da utilização de ambientes virtuais e dispositivos de interface naturais e inovadores, é possível criar aplicações que motivem os alunos do ensino secundário a candidatar-se a um curso superior na área da engenharia?

A resposta é afirmativa: a utilização frequente de ambientes virtuais pelas novas gerações de adolescentes para criar redes sociais (através de aplicações como o “Second Life” ou o “World Of Warcraft”) e o surgir de novos modos de interacção com os dispositivos electrónicos e informáticos (através de interfaces com o utilizador mais naturais) constituem para eles um factor de atracção relevante para a utilização de novas tecnologias. Aqueles que pretendem seguir um curso no ensino superior podem, em consequência, escolher uma área de engenharia que lhes permita utilizar e desenvolver estes recursos.

Este projecto demonstrou como uma aplicação desenhada para tirar partido das tecnologias da Realidade Virtual pode efectivamente captar a atenção dos alunos no sentido de motivá-los na

escolha de um curso no ensino superior na área da Engenharia Informática, sempre que esta apresente uma componente lúdica, educativa e inovadora.

Tendo em conta a constituição do grupo de alunos que efectuaram a avaliação do projecto, não é possível generalizar a resposta para todos os cursos de engenharia do ensino superior, ficando este objectivo em aberto para avaliações futuras.

Em relação à aplicação implementada, o seu estado actual é bastante satisfatório: as ferramentas disponíveis actualmente não permitem um nível de controlo dos dispositivos da consola Nintendo Wii mais avançado (mapeamento de um para um), e a sua utilização é confortável após o utilizador se habituar a tais dispositivos e ao funcionamento do programa. Existem, no entanto, várias hipóteses de desenvolvimento posterior, nomeadamente:

- Resolução do erro de libertação de recursos de *hardware* provocado pela versão utilizada da livreria WiimoteLib actualizando esta versão para uma em estado mais estável (ver Capítulo 4.6);
- Implementação de mapeamento de posição e orientação de um para um entre os dispositivos Wii Remote e os modelos das baquetas da aplicação (através da utilização de Wii MotionPlus e de novas versões da livreria WiimoteLib, por exemplo) e correspondente reestruturação do sistema de detecção de colisões;
- Afição de aspectos da aplicação corrente, como a sensibilidade dos dispositivos ou a precisão da detecção de colisões;
- Adição de novas funcionalidades à aplicação corrente: simulação de outros instrumentos de percussão, configuração da bateria em termos de afinação e número de tambores, conexão por rede com outros utilizadores de modo a criar composições combinando vários instrumentos em tempo real ou gravação de músicas em ficheiros de áudio, por exemplo;
- Utilização de novos dispositivos de interface com o utilizador que entretanto sejam desenvolvidos.

Considero que o trabalho realizado no contexto deste projecto constitui uma ferramenta muito útil tanto a nível teórico, por constituir um ponto de situação do estado das tecnologias da Realidade Virtual e expor o seu papel na sociedade actualmente, como a nível prático, pela sua capacidade de despertar o interesse de alunos do ensino secundário para o curso de Engenharia Informática leccionado no ISEP. A apresentação dos principais aspectos funcionais da aplicação neste documento, bem como as fontes de informação que foram utilizadas para o desenvolvimento do projecto, estabelecem um ponto de partida para a continuação do seu desenvolvimento no futuro.

Referências

- [1] Linden Research, Inc. (2009, Outubro) Second Life. [Online]. <http://www.secondlife.com/>
- [2] Isabel Ribeiro, "Factores decisivos para a escolha do binómio curso/instituição: o caso do ensino superior agrário português," *Revista Portuguesa de Educação*, no. Ensino Superior Português; Ciências Agrárias; Logit; Escolha educacional, pp. 69-89, Fevereiro 2008.
- [3] Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior. (2009, Outubro) Gabinete de Planeamento, Estratégia, Avaliação e Relações Internacionais. [Online]. <http://www.gpeari.mctes.pt/index.php?idc=21&idi=400379>
- [4] Casa da Música. (2009, Outubro) Casa da Música. [Online]. <http://www.casadamusica.com/>
- [5] Mario A. Gutiérrez, Frédéric Vexo, and Daniel Thalmann, *Stepping into Virtual Reality*. Lausanne, Switzerland: Springer, 2008.
- [6] M. Slater and S. Wilbur, "A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments," *MIT Press*, no. Presence: Teleoperators and Virtual Environments 6, pp. 603-16, 1997.
- [7] (2009, Outubro) The Father of Virtual Reality: Morton L. Heilig (1926-1997). [Online]. <http://www.mortonheilig.com/index.html>
- [8] (2009, Outubro) Wikipedia The Free Encyclopedia. [Online]. http://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_reality
- [9] Oscar Xavier Chavarro and Wayne E. Carlson's. (2009, Outubro) Computers Graphics Timeline. [Online]. http://sophia.javeriana.edu.co/~ochavart/computer_graphics_history/historia/
- [10] (2009, Outubro) omnispac.org. [Online]. http://www.omnispac.org/virtual_reality/
- [11] Michael Naimark. (2009, Outubro) michael naimark. [Online]. <http://www.naimark.net/writing/aspen.html>
- [12] Wayne Carlson. (2009, Outubro) A Critical History of Computer Graphics and Animation. [Online]. <http://design.osu.edu/carlson/history/lesson17.html>
- [13] UM3D Lab: University of Michigan 3D Lab. (2009, Outubro) UM3D Lab: University of Michigan 3D Lab. [Online]. <http://um3d.dc.umich.edu/hardware/CAVE/>
- [14] eMarketing. (2009, Março) eMarketing. [Online]. http://www.emarketingmag.com/B6_Portu/E4/News2.htm
- [15] Tyler Wilde. (2009, Outubro) Games Radar. [Online]. <http://www.gamesradar.com/f/the-unfulfilled-promises-of-virtual-reality/a-2008080685054978087>
- [16] OCZ Technology. (2009, Outubro) OCZ Technology. [Online]. http://www.ocztechnology.com/products/ocz_peripherals/nia-neural_impulse_actuator
- [17] Sensics. (2009, outubro) Sensics. [Online]. <http://www.sensics.com/products/pisightSection/pisight.php>

- [18] Paul Webb. (2009, Outubro) NASA Vision Group. [Online].
<http://vision.arc.nasa.gov/personnel/al/papers/64vision/17.htm>
- [19] Marc Bernatchez. (2009, Outubro) VRResources. [Online]. http://vresources.org/HMD_rezanalysis.html
- [20] Virtusphere, Inc. (2009, Outubro) VirtuSphere. [Online]. <http://www.virtusphere.com/index.html>
- [21] Mechdyne Corporation. (2009, Outubro) Mechdyne Corporation. [Online]. <http://www.mechdyne.com/>
- [22] (2009, Outubro) Barco. [Online]. <http://www.barco.com/en/>
- [23] Natural History Museum. (2009, Outubro) Natural History Museum. [Online].
<http://piclib.nhm.ac.uk/piclib/www/image.php?img=47464>
- [24] DGTech Engineering Solutions. (2009, Outubro) DGTech Engineering Solutions. [Online].
http://www.dg-tech.it/vhand/eng/?gclid=CKqj_pnSv5ICFQm4sgodsbyvbA
- [25] Inition. (2009, Outubro) Inition. [Online].
http://www.inition.co.uk/inition/product.php?URL_=product_glove_vti_touch&SubCatID_=26
- [26] (2009, Outubro) Inition Everything in3D. [Online].
http://www.inition.co.uk/inition/product.php?URL_=product_glove_vti_grasp&SubCatID_=26
- [27] Jonathan Strickland. (2009, Outubro) How Stuff Works. [Online].
<http://electronics.howstuffworks.com/gadgets/other-gadgets/VR-gear6.htm>
- [28] Inition. (2009, Outubro) Inition. [Online].
http://www.inition.co.uk/inition/product.php?URL_=product_mocaptrack_ascension_nestofbirds&SubCatID_=18
- [29] Inition. (2009, Outubro) Inition. [Online].
http://www.inition.co.uk/inition/product.php?URL_=product_mocaptrack_polhemus_liberty&SubCatID_=18
- [30] Vicon. (2009, Outubro) Vicon. [Online]. <http://www.vicon.com/applications/simulation.html#related>
- [31] Inition. (2009, Outubro) Inition. [Online].
http://www.inition.co.uk/inition/product.php?URL_=product_mocaptrack_ascension_reactor2&SubCatID_=59
- [32] Inition. (2009, Outubro) Inition. [Online].
http://www.inition.co.uk/inition/product.php?URL_=product_mocaptrack_logitech_ht&SubCatID_=21
- [33] Heriot Watt University. (2009, Outubro) MSc DMIS. [Online].
<http://www.macs.hw.ac.uk/~hamish/9ig2/topic22.html>
- [34] (2009, Outubro) The MediaSapien. [Online]. <http://mediasapien.wordpress.com/2008/08/19/uncanny-valley-update-the-avatars-are-among-us/>
- [35] (2009, Julho) Wikipedia, The Free Encyclopedia. [Online]. http://en.wikipedia.org/wiki/Nintendo_Wii

- [36] (2009, Julho) Wikipedia, The Free Encyclopedia. [Online].
http://en.wikipedia.org/wiki/PlayStation_Motion_Controller
- [37] (2009, Julho) Wikipedia, The Free Encyclopedia. [Online]. http://en.wikipedia.org/wiki/Wii_Remote
- [38] Blake Pierce. (2009, Outubro) ARTS 3601/5610 New Media. [Online].
http://blog.lib.umn.edu/willow/interactiveart/2007/12/final_project_documentation_1.html
- [39] (2009, Julho) Wikipedia, The Free Encyclopedia. [Online]. http://en.wikipedia.org/wiki/Wii_Motion_Plus
- [40] cnet. (2009, Outubro) cnet news. [Online].
http://images.google.com/imgres?imgurl=http://news.cnet.com/i/bto/20080714/motionplus.jpg&imgrefurl=http://news.cnet.com/crave/%3Fkeyword%3DNintendo%2BWii%2BMotion%2BPlus&usg=__FW3kXQ7aA9oI0VLxxECgRyOtv8E=&h=353&w=494&sz=17&hl=pt-PT&start=16&um=1&tbnid=n5
- [41] Marshall Brain. (2009, Julho) How Stuff Works. [Online]. <http://electronics.howstuffworks.com/wii5.htm>
- [42] (2009, Outubro) All We Love is Wii. [Online]. <http://wiiwiiiii.wordpress.com/2008/05/24/wii-fit/>
- [43] (2009, Outubro) Wikipedia The Free Encyclopedia. [Online].
http://en.wikipedia.org/wiki/PlayStation_Eye
- [44] Renato Murakami. (2009, Outubro) XSp. [Online]. <http://xspblog.com/2008/06/09/playstation-3-eye-br/>
- [45] (2009, Julho) Wikipedia, The Free Encyclopedia. [Online]. http://en.wikipedia.org/wiki/Project_Natal
- [46] Andru Edwards. (2009, Outubro) Gear Live. [Online]. <http://games.gearlive.com/playfeed/article/q209-project-natal-faq-and-video/>
- [47] (2009, Outubro) Wikipedia The Free Encyclopedia. [Online]. <http://en.wikipedia.org/wiki/Opengl>
- [48] John Siracusa. (2009, Outubro) Ars Technica. [Online]. <http://arstechnica.com/reviews/2q00/mac-os-x-dp4/mac-os-x-dp4-9.html>
- [49] (2009, Outubro) Equalizer: Parallel Rendering. [Online]. <http://www.equalizergraphics.com/index.html>
- [50] (2009, Outubro) Wikipedia The Free Encyclopedia. [Online]. <http://en.wikipedia.org/wiki/Direct3d>
- [51] (2009, Outubro) Wikipedia The Free Encyclopedia. [Online]. <http://en.wikipedia.org/wiki/Directx>
- [52] (2009, Outubro) Wikipedia The Free Encyclopedia. [Online].
http://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_XNA
- [53] Microsoft Corporation. (2009, Outubro) XNA Creators Club Online. [Online]. <http://creators.xna.com/en-US/starterkit/racinggame>
- [54] Autodesk. (2009, Outubro) Autodesk. [Online]. <http://usa.autodesk.com/>
- [55] Lifemode Interactive. (2009, Outubro) Lifemode Interactive. [Online].
<http://www.lifemi.com/products/LSH/Artist/>
- [56] GameDev. (2009, Outubro) GameDev.net. [Online].

- <http://www.gamedev.net/features/reviews/productreview.asp?categoryid=35&productid=594>
- [57] Sycode. (2009, Outubro) Sycode. [Online]. http://www.sycode.com/products/stl_import_ac/index.htm
- [58] (2009, Outubro) Wikipedia The Free Encyclopedia. [Online]. <http://pt.wikipedia.org/wiki/Blender>
- [59] (2009, Outubro) Wikipedia The Free Encyclopedia. [Online]. http://en.wikipedia.org/wiki/Physics_engine
- [60] (2009, Outubro) Wikipedia The Free Encyclopedia. [Online].
http://en.wikipedia.org/wiki/Open_Dynamics_Engine
- [61] Creative Labs. (2009, Outubro) OpenAL. [Online]. <http://connect.creativelabs.com/openal/default.aspx>
- [62] Firelight Technologies. (2009, Outubro) FMOD music & sound effects system. [Online].
<http://www.fmod.org/index.php/fmod>
- [63] (2009, Outubro) Wikipedia The Free Encyclopedia. [Online]. http://pt.wikipedia.org/wiki/Motor_de_jogo
- [64] Blender. (2009, Outubro) Blender.org. [Online]. <http://www.blender.org/features-gallery/features/>
- [65] Crystal Space. (2009, Outubro) Crystal Space. [Online]. http://www.crystalspace3d.org/main/Main_Page
- [66] (2009, Outubro) Wikipedia The Free Encyclopedia. [Online]. http://en.wikipedia.org/wiki/Irrlicht_Engine
- [67] (2009, Outubro) Irrlicht Engine. [Online]. <http://irrlicht.sourceforge.net/features.html>
- [68] (2009, Outubro) Yo Frankie! [Online]. <http://www.yofrankie.org/>
- [69] RAD Game Tools. (2009, Outubro) RAD Game Tools. [Online]. <http://www.radgametools.com/>
- [70] Act-3D Software. (2009, Outubro) Quest3D. [Online]. <http://quest3d.com/>
- [71] Unigine Corp. (2009, Outubro) Unigine. [Online]. <http://unigine.com/>
- [72] Pelican Crossing. (2009, Outubro) Pelican Crossing. [Online].
<http://www.pelicancrossing.com/ProductBlink3D.htm>
- [73] EON Reality. (2009, Outubro) EON Reality. [Online].
http://www.eonreality.com/products_authoring.html
- [74] DX Studio. (2009, Outubro) DX Studio. [Online]. <http://www.dxstudio.com/>
- [75] (2009, Outubro) Loot Ninja. [Online]. <http://loot-ninja.com/2008/03/13/unreal-engine-4-targeting-consoles-before-pc/>
- [76] VRmagic. (2009, Outubro) VRmagic. [Online]. http://www.vrmagic.com/en/medical_simulators/
- [77] The University of Mississippi Medical Center. (2009, Outubro) The University of Mississippi Medical Center. [Online]. <http://surgery.umc.edu/facultystaff/learning/SSC/endoscopy.html>
- [78] Science Daily. (2009, Outubro) Science Daily. [Online].
<http://www.sciencedaily.com/releases/2005/06/050627062144.htm>
- [79] METI Medical Education and Simulation. (2009, Outubro) METI Medical Education and Simulation.

- [Online]. <http://www.meti.com/index.html>
- [80] (2009, Outubro) Wikipedia The Free Encyclopedia. [Online].
http://en.wikipedia.org/wiki/Remote_surgery
- [81] (2009, Outubro) Encyclopedia of Surgery. [Online]. <http://www.surgeryencyclopedia.com/St-Wr/Telesurgery.html>
- [82] NASA. (2009, Outubro) NASA Technology. [Online].
http://www2.jpl.nasa.gov/technology/images_videos/iv_pages/26ZEUS.html
- [83] Institut de Recherche contre les Cancers de l'Appareil Digestif. (2009, Outubro) IRCAD Institut de Recherche contre les Cancers de l'Appareil Digestif. [Online].
<http://www.ircad.fr/lindbergh/index.php?lng=en>
- [84] CAIP Center for Advanced Information Processing. (2009, Outubro) The "Rutgers Ankle" Rehabilitation Interface. [Online]. <http://www.caip.rutgers.edu/vrlab/projects/ankle/ankle.html>
- [85] Science Daily. (2009, Outubro) Science Daily. [Online].
<http://www.sciencedaily.com/releases/2007/04/070421215048.htm>
- [86] The Virtual Reality Medical Center. (2009, Outubro) The Virtual Reality Medical Center. [Online].
<http://www.vrphobia.com/index.htm>
- [87] (2009, Outubro) Wikipedia The Free Encyclopedia. [Online].
http://en.wikipedia.org/wiki/Visible_Human_Project
- [88] VOXEL-MAN. (2009, Outubro) VOXEL-MAN. [Online]. http://www.voxel-man.de/3d-navigator/inner_organs/
- [89] Amaury Aubel. (2009, Outubro) Amaury Aubel. [Online]. <http://aaubel.online.fr/>
- [90] American Institute of Physics. (2009, Outubro) American Institute of Physics. [Online].
<http://www.aip.org/dbis/stories/2007/17011.html>
- [91] Science Daily. (2009, Outubro) Science Daily. [Online]. http://www.sciencedaily.com/videos/2007/0111-virtual_human_body.htm
- [92] Argosy Publishing. (2009, Outubro) Visible Body. [Online]. <http://www.visiblebody.com/>
- [93] (2009, Outubro) Virtual Calakmul. [Online]. <http://biorobotics.fi-p.unam.mx/calakmul/index.htm>
- [94] Fraunhofer Institute for Computer Graphics Research. (2009, Outubro) Fraunhofer IGD. [Online].
<http://a4www.igd.fraunhofer.de/projects/23/>
- [95] Topchinatrip. (2009, Outubro) TopChinaTrip.com. [Online].
<http://www.topchinatrip.com/City.aspx?cid=33>
- [96] (2009, Outubro) ERATO. [Online]. <http://server.oersted.dtu.dk/www/oldat/erato/#OBJ>
- [97] (2009, Outubro) ERATO. [Online]. <http://vrlab.epfl.ch/Projects/erato.html>

- [98] University of Iowa. (2009, Outubro) NADS The National Advanced Driving Simulator. [Online].
<http://www.nads-sc.uiowa.edu/welcome.htm>
- [99] Oktal. (2009, Outubro) Oktal. [Online].
<http://www.oktal.fr/index.php?Page=NewsPress&Annee=2008#diese94>
- [100] (2009, Outubro) Wikipedia The Free Encyclopedia. [Online].
http://en.wikipedia.org/wiki/Flight_simulator
- [101] UCS – Cuidados Integrados de Saúde. (2009, Outubro) UCS – Cuidados Integrados de Saúde. [Online].
http://www.ucs.pt/index.php?option=com_content&task=view&id=52&Itemid=32
- [102] Kevin Moore. (2009, Outubro) Flights of Fancy and much More about Moore. [Online].
<http://homepage.ntlworld.com/bleep/pics.html>
- [103] (2009, Outubro) Wikipedia The Free Encyclopedia. [Online]. http://en.wikipedia.org/wiki/Power_Glove
- [104] (2009, Outubro) Wikipedia The Free Encyclopedia. [Online]. http://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_boy
- [105] Gamespot. (2009, Outubro) Gamespot. [Online]. <http://www.gamespot.com/>
- [106] (2009, Outubro) NVIDIA. [Online].
http://www.nvidia.com/object/product_GeForce_3D_VisionKit_us.html
- [107] (2009, Outubro) Wikipedia The Free Encyclopedia. [Online]. http://en.wikipedia.org/wiki/Game_industry
- [108] College of Education, East Carolina University. (2009, Outubro) Virtual Reality and Education Laboratory. [Online]. <http://vr.coe.ecu.edu/vrel.htm>
- [109] College of Education, East Carolina University. (2009, Outubro) Virtual Reality and Education Laboratory. [Online]. <http://vr.coe.ecu.edu/pub.htm>
- [110] ERCIM - European Research Consortium for Informatics and Mathematics. (2009, Outubro) ERCIM News Online Edition. [Online]. http://www.ercim.org/publication/Ercim_News/enw28/kuusisto.html
- [111] Sunrise Virtual Reality. (2009, Outubro) Sunrise Virtual Reality. [Online].
<http://www.sunrisevr.com/default.htm>
- [112] Jo Kay. (2009, Outubro) Second Life in Education. [Online].
<http://sleducation.wikispaces.com/educationaluses>
- [113] Activision Publishing, Inc. (2009, Outubro) Guitar Hero®. [Online]. <http://hub.guitarhero.com/>
- [114] Harmonix Music Systems, Inc. (2009, Outubro) RockBand.com. [Online]. <http://www.rockband.com/>
- [115] (2009, Outubro) RockPedal.com. [Online]. <http://www.rockpedal.com/>
- [116] Brian Lane Winfield. (2009, Outubro) Live Journal. [Online]. <http://doctabu.livejournal.com/64758.html>
- [117] Nobilis Group. (2009, Outubro) Subsonic. [Online]. <http://www.subsonic.fr/en/product/wii/wireless-sensor-bar-0>

- [118] Microsoft Corporation. (2009, Outubro) XNA Creators Club Online. [Online]. <http://creators.xna.com/en-US/>
- [119] Autodesk. (2009, Outubro) Autodesk. [Online].
<http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/item?id=13571257&siteID=123112>
- [120] Brian Peek. (2009, Outubro) BrianPeek.com. [Online].
<http://www.brianpeek.com/blog/pages/wiimotelib.aspx>
- [121] Brian Peek. (2009, Outubro) Coding4Fun. [Online].
<http://blogs.msdn.com/coding4fun/archive/2007/03/14/1879033.aspx>
- [122] Brian Peek. (2009, Outubro) BrianPeek.com. [Online]. <http://www.brianpeek.com/blog/pages/net-based-wiimote-applications.aspx>
- [123] Brian Peek. (2009, Outubro) BrianPeek.com. [Online]. <http://www.brianpeek.com/forums/24.aspx>
- [124] eMagin. (2009, Outubro) 3DVisor.com. [Online]. <http://www.3dvisor.com/faqs.php#Screen>
- [125] NVIDIA. (2009, Outubro) NVIDIA. [Online].
http://www.nvidia.com/object/legacy_stereo_3d_drivers.html
- [126] NVIDIA. (2009, Outubro) NVIDIA Developer Zone. [Online].
http://developer.nvidia.com/object/3d_stereo_dev.html#gamelist
- [127] NVIDIA. (2009, Outubro) NVIDIA Developer Zone. [Online].
http://developer.download.nvidia.com/presentations/2008/GDC/GDC08_stereo-web.pdf
- [128] Microsoft Corporation. (2009, Outubro) XNA Creators Club Online. [Online]. <http://creators.xna.com/en-US/downloads>
- [129] Microsoft Corporation. (2009, Outubro) MSDN - XNA Developer Center. [Online].
<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb200104.aspx>
- [130] Microsoft Corporation. (2009, Outubro) XNA Creators Club Online. [Online]. <http://creators.xna.com/en-US/education/gettingstarted>
- [131] Dan Waters. (2009, Outubro) Game Theory. [Online].
<http://blogs.msdn.com/dawate/archive/2008/02/05/building-a-3d-game-in-xna-from-scratch-free-video-tutorial-series-now-available.aspx>
- [132] Autodesk. (2009, Outubro) Autodesk Softimage Services & Support. [Online].
<http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/item?siteID=123112&id=13525184&linkID=12544121>
- [133] (2009, Outubro) Code Plex. [Online]. <http://www.codeplex.com/WiimoteLib>
- [134] Volkmar Miszalok. (2009, Março) Volkmar Miszalok Home Page. [Online].
http://www.miszalok.de/C_3D_XNA/Index_of_Course.htm
- [135] He Zhao. (2009, Outubro) He Zhao. [Online]. <http://hezhaonet.net/project/wii-drum-high.html>

- [136] Johnny Chung Lee. (2009, Outubro) Johnny Chung Lee - Human Computer Interaction Research. [Online]. <http://johnnylee.net/projects/wii/>
- [137] eMagin Corporation. (2009, Outubro) 3DVisor.com. [Online]. <http://www.3dvisor.com/downloads/UserGuide10.7.pdf>
- [138] (2009, Outubro) Wikipedia The Free Encyclopedia. [Online]. <http://pt.wikipedia.org/wiki/OLED>
- [139] eMagin Corporation. (2009, Outubro) 3DVisor.com. [Online]. <http://www.3dvisor.com/faqs.php#For64OS>
- [140] iZ3D Inc. (2009, Outubro) iZ3D. [Online]. <http://www.iz3d.com/>
- [141] (2009, Outubro) Wikipedia The Free Encyclopedia. [Online]. http://en.wikipedia.org/wiki/RealD_Cinema
- [142] (2009, Outubro) Wikipedia The Free Encyclopedia. [Online]. http://en.wikipedia.org/wiki/LCD_shutter_glasses
- [143] The3dStudio.com, Inc. (2009, Outubro) The 3D Studio. [Online]. <http://www.the3dstudio.com/>
- [144] Internet Business Systems, Inc. (2009, Outubro) ShareCG. [Online]. <http://www.sharecg.com>
- [145] 3DTotal. (2009, Outubro) 3D Total. [Online]. <http://www.3dtotal.com/>
- [146] (2009, Outubro) Free 3D Models. [Online]. <http://gfx-3d-model.blogspot.com/>
- [147] Google. (2009, Outubro) Google SketchUp. [Online]. <http://sketchup.google.com/index.html>
- [148] Jim Welch. (2009, Outubro) Jim 2.0's Blog. [Online]. <http://jamesewelch.wordpress.com/2008/03/07/how-to-load-a-google-sketchup-model-into-a-xna-game/>
- [149] Emil Persson. (2009, Outubro) Humus. [Online]. <http://www.humus.name/>
- [150] Jérôme 'JeGX' Guinot. (2009, Outubro) oZone3D.Net. [Online]. http://www.ozone3d.net/demos_projects/skybox.php
- [151] Soundsnap. (2009, Outubro) Soundsnap. [Online]. <http://www.soundsnap.com/>
- [152] Kevin MacLeod. (2009, Outubro) Incompetech. [Online]. <http://incompetech.com/>
- [153] Railroad Media, Inc. (2009, Outubro) FreeDrumLessons.com. [Online]. <http://www.freedrumlessons.com/>
- [154] Lawrence. (2009, Outubro) Sharky's Blog. [Online]. http://sharky.bluecog.co.nz/?page_id=113
- [155] Creative Technology Ltd. (2009, Outubro) Creative Sound Blaster. [Online]. <http://www.soundblaster.com/>
- [156] (2009, Outubro) XNA Fusion. [Online]. <http://www.xnafusion.com/simple-first-person-camera-tutorial/>
- [157] Matt Casamassina. (2009, Outubro) IGN. [Online]. <http://wii.ign.com/articles/748/748011p1.html>
- [158] (2009, Outubro) Wikipedia The Free Encyclopedia. [Online]. http://en.wikipedia.org/wiki/Air_guitar
- [159] Riemer Grootjans, *XNA 3.0 Game Programming Recipes*, Ewan Buckingham, Ed. USA: Apress, 2009.

- [160] Beepa Pty Ltd. (2009, Outubro) FRAPS. [Online]. <http://www.fraps.com/>
- [161] Adobe Systems Incorporated. (2009, Outubro) Adobe. [Online].
<http://www.adobe.com/products/premiere/>
- [162] Microsoft Corporation. (2009, Outubro) MSDN - XNA Developer Center. [Online].
<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd254869.aspx>
- [163] Microsoft Corporation. (2009, Outubro) MSDN - XNA Developer Center. [Online].
[http://msdn.microsoft.com/pt-br/library/bb464156\(en-us\).aspx](http://msdn.microsoft.com/pt-br/library/bb464156(en-us).aspx)
- [164] (2009, Outubro) WiiLi, a GNU/Linux port for the Nintendo Wii. [Online].
http://www.wiili.com/index.php/Compatible_Bluetooth_Devices
- [165] (2009, Outubro) TV3DWiki. [Online].
http://wiki.truevision3d.com/tutorialsarticlesandexamples/using_the_wii_remote_in_your_tv3d_projects
- [166] (2009, Outubro) WiiLi, a GNU/Linux port for the Nintendo Wii. [Online].
http://www.wiili.com/index.php/How_To:_BlueSoleil
- [167] IVT Corporation. (2009, Outubro) BlueSoleil. [Online]. <http://www.bluesoleil.com/>
- [168] Omio Limited. (2009, Outubro) Omio. [Online]. <http://www.omio.com/blog/mobile-phone-guides/5-reasons-iphone-games-will-take-over-the-world/>
- [169] (2009, Outubro) XNA Creators Club Online. [Online]. <http://creators.xna.com/en-US/starterkit/racinggame>
- [170] (2009, Outubro) XNA Creators Club Online. [Online]. <http://creators.xna.com/en-US/>

Anexo A Conexão de Wii Remotes e Wii Balance Board com PC

Neste anexo é descrito como ligar o Wii Remote e a Wii Balance Board ao computador via *Bluetooth*. A compatibilidade destes dispositivos pode variar em função do receptor do computador pessoal. Uma lista dos dispositivos compatíveis e uma descrição de como resolver eventuais problemas pode ser consultada no site do projecto WiiLi [123], cujo principal objectivo é criar uma versão do Linux que possa correr na consola Nintendo Wii.

Além do artigo de Brian Peek no site Coding4Fun [111], existem outros sites onde é explicado como se faz a conexão do Wii Remote ao computador. Dois exemplos são o wiki do motor de jogo Truevision3D [124] ou o site do projecto WiiLi [125] em que é explicada como se faz a ligação através de um programa comercial denominado BlueSoleil [126] que permite resolver problemas de compatibilidade em alguns dispositivos.

No caso de os dispositivos serem compatíveis, o processo de conexão para o sistema operativo Windows Vista SP2 (versão inglesa) é o seguinte:

- Abrir a aplicação “Bluetooth Devices” situado no “Control Panel”;
- Pulsar em simultâneo os botões “1” e “2”, ou botão “SYNC” situado ao no interior do receptáculo das pilhas, e sem os soltar seleccionar o botão “Add Wireless Device” na aplicação (os LEDs do Wii Remote começarão a piscar);
- O dispositivo será detectado com a designação “Nintendo RVL-CNT-01”; seleccionar o seu ícone e carregar no botão “Next”;
- Seleccionar a opção “Pair without using a code”, e carregar no botão “Next”;
- Quando finalizar o processo e o sistema apresentar uma mensagem a dizer que o dispositivo foi instalado sem problemas, soltar os botões do Wii Remote e carregar no botão “Close” da aplicação.

Este processo deve repetir-se cada vez que o computador seja reiniciado ou quando os Wii Remotes sejam desligados (retiradas as pilhas). No caso do Wii Balance Board, o processo é praticamente idêntico, com a diferença de que o botão que deve ser utilizado para iniciar o processo de sincronização é o botão “SYNC” situado ao no interior do receptáculo das pilhas e a designação do dispositivo ser “Nintendo RVL-WBC-01”.

Anexo B Air Drum: Configuração

O ficheiro que é utilizado para configurar a aplicação Air Drum denomina-se “AirDrumConf.xml” e encontra-se na directoria de instalação. Este ficheiro pode ser alterado com um editor de texto comum sempre que a sua estrutura se mantenha inalterada. No caso da aplicação não encontrar este ficheiro serão adoptados uma série de valores por omissão.

Para alterar os parâmetros devem-se editar os valores que se encontram entre aspas e que estão etiquetados como “value=”. Uma indicação dos valores que são válidos para cada parâmetro aparece no fim de cada linha. A estrutura do ficheiro é a seguinte:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
```

```
<Resources>
```

Cabeçalho do ficheiro, não deve ser alterado.

```
<!-- Wiimote Connected-->
```

Grupo dedicado à conexão dos Wii Remote e da Wii Balance Board.

```
<item conf="WiimoteConnected" value="1"/> <!-- 1,0 -->
```

Este parâmetro permite definir se os Wii Remote e a Wii Balance Board se encontram emparelhados ao computador quando a aplicação é iniciada. Se for “1” a aplicação tentará iniciar os dispositivos, se for “0” a aplicação será carregada sem suporte para estes dispositivos (para efeitos de teste).

```
<!-- Resolution -->
```

Grupo dedicado à resolução do ecrã quando a aplicação está no modo de tela cheia.

```
<item conf="ResolutionWidth" value="800"/>
```

Parâmetro para definir a largura do ecrã em pixéis.

```
<item conf="ResolutionHeight" value="600"/>
```

Parâmetro para definir a altura do ecrã em pixéis.

```
<!-- Draw Distance -->
```

Grupo dedicado à distância de desenho dos modelos.

```
<item conf="DrawDistance" value="500"/>
```

Parâmetro para definir a distância de desenho dos modelos tridimensionais na aplicação. A alteração deste valor faria sentido no caso em que o número de modelos para desenhar implica-se uma perda de performance do sistema. No estado actual da aplicação este valor pode permanecer inalterado.

```
<!-- Fullscreen -->
```

Grupo dedicado à activação do modo tela cheia.

```
<item conf="Fullscreen" value="1"/> <!-- 1,0 -->
```

Parâmetro para activar (valor 1) ou desactivar (valor 0) o modo de tela cheia. Quando este modo está desactivado a aplicação é apresentada numa janela.

```
<!-- Balance Board-->
```

Grupo dedicado à configuração da Wii Balance Board.

```
<item conf="BalanceSensitivity" value="8"/> <!-- Kg -->
```

Parâmetro para definir o valor (em kg) que serve de base para registar a pulsação do pedal. Quando o sensor do dispositivo detecta um valor igual ou superior ao definido neste parâmetro, a aplicação interpreta que um pedal foi accionado.

```
<item conf="OffPedal" value="3"/> <!-- Kg -->
```

Parâmetro para definir qual o valor (em kg) que marca a diferença entre o pedal ser accionado e ser libertado. Quando a variação de pressão depositada no dispositivo é igual ou superior ao valor definido neste parâmetro, a aplicação interpreta que o pedal foi libertado.

```
<item conf="UseFrontPedal" value="1"/> <!-- 1 (8,3), 0 (22,5) -->
```

Parâmetro para definir se a região do Wii Balance Board que deve registar as pulsações nos pedais deve ser a frontal (são efectuadas com a ponta do pé, valor 1) ou a anterior (são efectuadas com o calcanhar, valor 0). São indicados os valores de referência para os parâmetros “BalanceSensitivity” e “OffPedal” para cada situação.

```
<item conf="InvertPedal" value="0"/> <!-- 1,0 -->
```

Parâmetro que permite definir se os pedais são accionados com os respectivos pés (pé direito – pedal direito e pé esquerdo – pedal esquerdo, valor 0) ou ao contrário (pé direito – pedal esquerdo e pé esquerdo – pedal direito, valor 1).

```
<!-- Pointing -->
```

Grupo dedicado à apresentação das miras dos Wii Remote.

```
<item conf="ShowPointing" value="1"/> <!-- 1,0 -->
```

Parâmetro que permite activar (valor 1) ou desactivar (valor 0) a renderização das miras que indicam o tambor para o que está a apontar com os Wii Remote.

```
<!-- Collisions -->
```

Grupo dedicado às colisões das baquetas com os tambores.

```
<item conf="ShowCollisions" value="0"/> <!-- 1,0 -->
```

Parâmetro para activar (valor 1) ou desactivar (valor 0) a renderização das esferas de colisão presentes nos tambores.

```
<item conf="CollisionsInterval" value="0"/> <!-- Milliseconds -->
```

Parâmetro que define o intervalo de tempo (em milissegundos) mínimo entra cada colisão da baqueta com o tambor. Este valor é utilizado na versão protótipo da aplicação. Na aplicação final pode ficar inalterado.

```
<item conf="ChangeDrumButton" value="1"/> <!-- 1,0 -->
```

Parâmetro que permite activar (valor 1) ou desactivar (valor 0) a funcionalidade que permite que a baqueta troque de tambor unicamente quando é carregado o botão B do Wii Remote. Se for desactivada a baqueta muda automaticamente de tambor quando o Wii Remote é rodado.

```
<item conf="Rumble" value="0"/> <!-- 1,0 -->
```

Parâmetro que permite activar (valor 1) ou desactivar (valor 0) a vibração do Wii Remote quando ocorre uma colisão entre as baquetas e um tambor. Activar esta funcionalidade origina interferências na leitura do acelerómetro, o que implica que a rotação dos Wii Remote e os respectivos modelos fique dessincronizada.

```
<item conf="RumbleInterval" value="300"/> <!-- Milliseconds -->
```

Parâmetro que define o intervalo de tempo (em milissegundos) que deve durar a vibração do Wii Remote quando é detectada uma colisão.

```
<!-- Skybox -->
```

Grupo dedicado à apresentação da *Sky Box*.

```
<item conf="DrawSkyBox" value="1"/> <!-- 1,0 -->
```

Parâmetro que permite activar (valor 1) ou desactivar (valor 0) a renderização da *Sky Box* (imagem de fundo que envolve os modelos tridimensionais).

```
<!-- Game -->
```

Grupo dedicado à configuração do modo “Jogo 1” na aplicação.

```
<item conf="GameSpeed" value="300"/> <!-- Milliseconds -->
```

Parâmetro que define o intervalo de tempo (em milissegundos) que demora cada carácter das barras a avançar. Quanto menor for este valor maior será a velocidade a que avançam as barras.

```
<item conf="ResetOnError" value="1"/> <!-- 1,0 -->
```

Parâmetro que permite activar (valor 1) ou desactivar (valor 0) a funcionalidade que reinicia a série no momento em que o utilizador atinge o número máximo de erros permitido. Se esta funcionalidade for desactivada a aplicação sempre percorre toda a série independentemente do número de erros que o utilizador cometa.

```
<item conf="Metronome" value="1"/> <!-- 1,0 -->
```

Parâmetro que permite activar (valor 1) ou desactivar (valor 0) o metrónomo que indica o ritmo a que o jogo está a funcionar no início de cada série.

```
<item conf="MetronomeTicks" value="4"/>
```

Parâmetro que permite definir o número de toques que o metrónomo reproduz no início de cada série.

```
<item conf="Mistakes" value="3"/> <!-- Min: 1-->
```

Parâmetro que permite definir o número máximo de erros que o utilizador pode cometer para mudar de série.

```
<!-- Video -->
```

Grupo dedicado à reprodução do vídeo de apresentação.

```
<item conf="PlayVideo" value="1"/> <!-- 1,0 -->
```

Parâmetro que permite activar (valor 1) ou desactivar (valor 0) a reprodução do vídeo de apresentação no início da aplicação.

</Resources>

Rodapé do ficheiro, não deve ser alterado.

Anexo C Air Drum: Controlos e GUI

A aplicação conta com cinco modos:

- Apresentação: ao iniciar a aplicação, em que é visualizado o vídeo de introdução da aplicação;
- Configuração: em que o utilizador pode configurar os dispositivos;
- Simulação: em que o utilizador pode tocar livremente nos tambores e pedais;
- Jogo 1: em que aparecem quatro linhas horizontais e o utilizador deve executar uma série de acções em determinados intervalos de tempo, sem se enganar;
- Jogo 2: em que o utilizador pode ouvir uma música com todos os instrumentos ou sem a bateria, de modo a poder improvisar ou imitar o baterista.

Os botões e a forma de um Wii Remote sob vários ângulos podem ser visualizados na seguinte figura:



Figura 95 – Nintendo Wii Remote [161]

A função de cada botão dos Wii Remote se pode é apresentada nas seguintes tabelas:

Botão	Modo da Aplicação	Função
▲▼	Configuração	Ajusta o ângulo de rotação do modelo da baqueta direita para frente ou para trás
A	Configuração /Simulação/Jogo 1/Jogo 2	Faz o “mute” do som de um tambor quando este é colidido
B	Configuração /Simulação/Jogo 1/Jogo 2	Desloca a baqueta direita para o tambor que possui a mira vermelha
Home	Configuração /Simulação/Jogo 1/Jogo 2	Reinicia a orientação da câmara
+	Jogo 2	Inicia reprodução de música com bateria
-	Jogo 2	Inicia reprodução de música sem bateria
1	Configuração /Simulação/ Jogo 2	Inicia modo Jogo 1
2	Configuração /Simulação/ Jogo 1	Inicia modo Jogo 2

Tabela 6 – Controlos do Wii Remote direito no Air Drum

Botão	Modo da Aplicação	Função
▲▼	Configuração	Ajusta o ângulo de rotação do modelo da baqueta esquerda para frente ou para trás
▲▼ ◀▶	Simulação/Jogo 1/Jogo 2	Desloca o modelo da bateria
A	Configuração /Simulação/Jogo 1/Jogo 2	Faz o “mute” do som de um tambor quando este é colidido
B	Configuração /Simulação/Jogo 1/Jogo 2	Desloca a baqueta esquerda para o tambor que possui a mira verde
Home	Simulação/Jogo 1/Jogo 2	Inicia modo Configuração
-	Configuração	Diminui sensibilidade dos pedais
+	Configuração	Aumenta sensibilidade dos pedais
1 2	Apresentação/Configuração /Simulação/ Jogo 2	Sai do modo corrente e inicia modo Simulação

Tabela 7 – Controlos do Wii Remote esquerdo no Air Drum

O GUI da aplicação e a descrição de cada zona do ecrã durante a execução do modo “Jogo 1” são apresentados na seguinte figura:

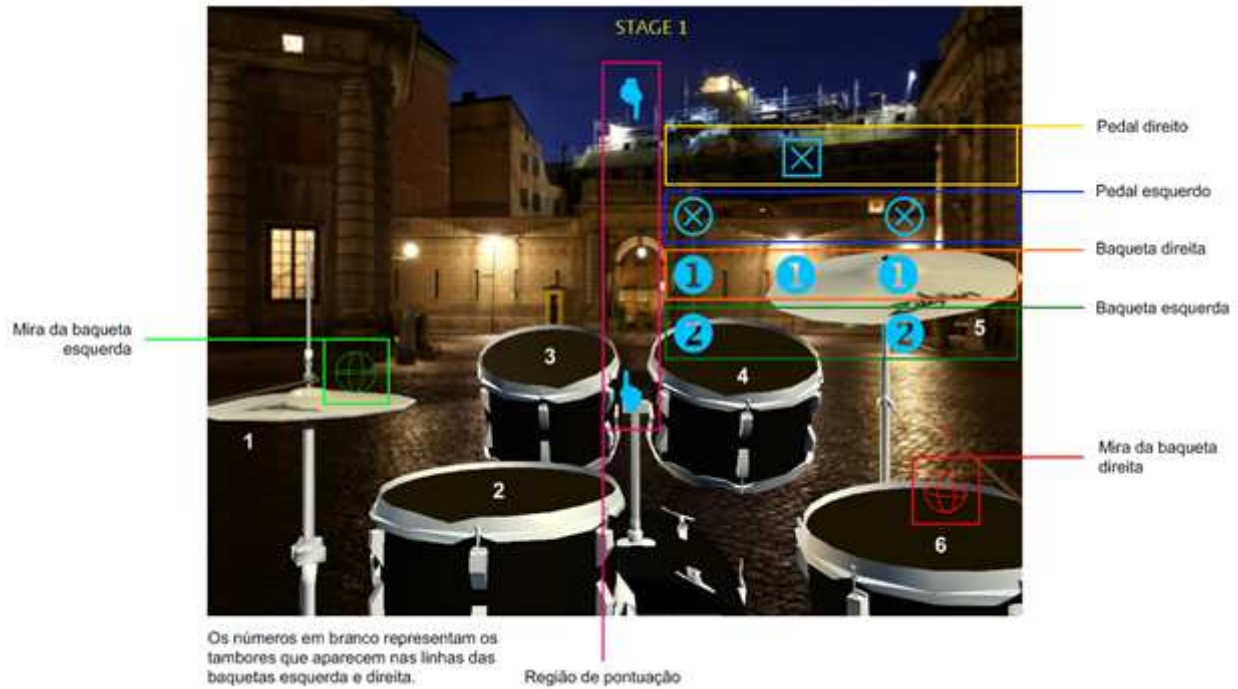


Figura 96 – GUI da aplicação Air Drum

Durante o jogo as linhas de símbolos referentes aos pedais e às baquetas deslocam-se horizontalmente no sentido de direita para a esquerda. Quando os símbolos passam na região de pontuação (indicada pelas duas mãos) o utilizador deve bater nos tambores ou carregar nos pedais correspondes. No caso das baquetas estes símbolos são números de um a seis, que correspondem aos tambores da bateria ordenados de esquerda para direita.